

BEST AVAILABLE COPY

Rec'd PTO

13 MAY 2003

10/535738

PCT/JP03/14712

日 本 国 特 許 庁

JAPAN PATENT OFFICE

19.11.03

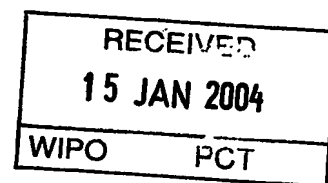
JP03/14712

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2002年11月19日

出 願 番 号
Application Number: 特願2002-334587
[ST. 10/C]: [JP2002-334587]



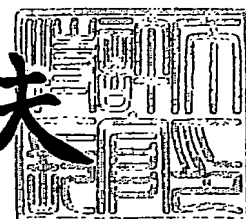
出 願 人
Applicant(s): TDK株式会社

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2003年12月25日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2003-3107104

【書類名】 特許願

【整理番号】 99P04610

【提出日】 平成14年11月19日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G11B 7/00

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

【氏名】 井上 弘康

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

【氏名】 加藤 達也

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

【氏名】 柿内 宏憲

【特許出願人】

【識別番号】 000003067

【氏名又は名称】 ティーディーケイ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100078031

【氏名又は名称】 大石 皓一

【選任した代理人】

【識別番号】 100115738

【氏名又は名称】 鷺頭 光宏

【選任した代理人】

【識別番号】 501481791

【氏名又は名称】 緒方 和文

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 074148

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光記録媒体、光記録方法及び光記録装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光記録媒体の一方の表面を構成する基板と、光記録媒体の他方の表面を構成する保護層と、前記保護層と前記基板との間に設けられた複数の情報記録層とを備え、前記一方及び他方の表面のうち光入射面となる側の表面から最も遠い情報記録層とは異なる所定の情報記録層に含まれる記録膜が複数の無機反応膜からなる光記録媒体に対する光記録方法であって、前記光入射面から、少なくとも記録パワー、前記記録パワーよりも強度の低い中間パワー及び前記中間パワーよりも強度の低い基底パワーを含む 3 値以上に強度変調されたレーザビームを照射することによって前記所定の情報記録層に記録マークを形成することを特徴とする光記録方法。

【請求項 2】 少なくとも、前記レーザビームの強度を前記記録パワーと前記基底パワーに交互に設定する加熱期間と、前記加熱期間に続いて設けられ、前記レーザビームの強度を前記基底パワーに設定する冷却期間を用いて前記記録マークを形成することを特徴とする請求項 1 に記載の光記録方法。

【請求項 3】 所定の記録マークを形成するための前記冷却期間と、前記所定の記録マークに続く他の記録マークを形成するための前記加熱期間との間において、前記レーザビームの強度を前記中間パワーに設定することを特徴とする請求項 2 に記載の光記録方法。

【請求項 4】 記録線速度を V_1 に設定して記録を行う場合の前記冷却期間を t_{c11} とし、記録線速度を V_2 に設定して記録を行う場合の前記冷却期間を t_{c12} とした場合、
 $V_1 < V_2$ 、且つ、
 $t_{c11} < t_{c12}$
に設定して前記記録マークを形成することを特徴とする請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の光記録方法。

【請求項 5】 前記レーザビームの波長を λ とし、前記レーザビームを集束するための対物レンズの開口数を NA とした場合、 $\lambda/NA \leq 640 \text{ nm}$ の条件

にて前記記録マークの形成を行うことを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の光記録方法。

【請求項6】 光記録媒体の一方の表面を構成する基板と、光記録媒体の他方の表面を構成する保護層と、前記保護層と前記基板との間に設けられた複数の情報記録層とを備え、前記一方及び他方の表面のうち光入射面となる側の表面からレーザビームを照射することによって各情報記録層に対するデータの記録及び／又は再生が可能な光記録媒体であって、前記複数の情報記録層のうち前記光入射面から最も遠い情報記録層とは異なる所定の情報記録層に含まれる記録膜が複数の無機反応膜を備えており、さらに、前記光入射面から、少なくとも記録パワー、前記記録パワーよりも強度の低い中間パワー及び前記中間パワーよりも強度の低い基底パワーを含む3値以上に強度変調されたレーザビームを照射することによって前記所定の情報記録層に記録マークを形成するために必要な設定情報を有していることを特徴とする光記録媒体。

【請求項7】 前記複数の無機反応膜が、銅（Cu）を主成分とする第1の無機反応膜とシリコン（Si）を主成分とする第2の無機反応膜とを含んでいることを特徴とする請求項6に記載の光記録媒体。

【請求項8】 光記録媒体の一方の表面を構成する基板と、光記録媒体の他方の表面を構成する保護層と、前記保護層と前記基板との間に設けられた複数の情報記録層とを備え、前記一方及び他方の表面のうち光入射面となる側の表面から最も遠い情報記録層とは異なる所定の情報記録層に含まれる記録膜が複数の無機反応膜からなる光記録媒体に対し、前記光入射面からレーザビームを照射することによって各情報記録層に対するデータの記録及び／又は再生を行うことが可能な光記録装置であって、前記レーザビームを少なくとも記録パワー、前記記録パワーよりも強度の低い中間パワー及び前記中間パワーよりも強度の低い基底パワーを含む3値以上に強度変調することによって前記所定の情報記録層に記録マークを形成可能であることを特徴とする光記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は光記録媒体に関し、特に、積層された複数の情報記録層を備える光記録媒体に関する。また、本発明は光記録方法に関し、特に、積層された複数の情報記録層を備える光記録媒体への光記録方法に関する。さらに、本発明は光記録装置に関し、特に、積層された複数の情報記録層を備える光記録媒体に対して光記録を行うことが可能な光記録装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、デジタルデータを記録するための記録媒体として、CDやDVDに代表される光記録媒体が広く利用されている。このような光記録媒体に要求される記録容量は年々増大し、これを達成するために種々の提案がなされている。かかる提案の一つとして、光記録媒体に含まれる情報記録層を2層構造とする手法が提案され、再生専用の光記録媒体であるDVD-VideoやDVD-ROMにおいて実用化されている。このような再生専用の光記録媒体においては、基板表面に形成されたピットが情報記録層となり、このような基板が中間層を介して積層された構造を有している。

【0003】

また近年、ユーザによるデータの記録が可能な光記録媒体に対しても情報記録層を多層構造とする手法が提案されており、例えば、特許文献1には書き換え型光記録媒体において情報記録層を2層構造とする技術が開示されている。同特許文献に記載された光記録媒体においては、相変化記録膜及びこれを挟んで形成された誘電体膜（保護膜）が情報記録層として用いられ、かかる情報記録層が中間層を介して積層された構造を有している。

【0004】

情報記録層が多層構造である書き込み可能な光記録媒体にデータを記録する場合、レーザビームのフォーカスをいずれか一つの情報記録層に合わせ、その強度を再生パワー（ P_r ）よりも十分に高い記録パワー（ P_w ）に設定することによって、当該情報記録層に含まれる記録膜の状態を変化させこれによって所定の部分に記録マークを形成する。このようにして形成された記録マークは、記録マークが形成されていないブランク領域とは異なる光学特性を有することから、再生

パワー (Pr) に設定されたレーザビームのフォーカスをいずれか一方の情報記録層に合わせ、その反射光量を検出することによって記録されたデータを再生することができる。

【0005】

ここで、情報記録層が多層構造である書き込み可能な光記録媒体において、光入射面から最も遠い情報記録層を「L0層」とし、以下、光入射面へ近づくに連れて「L1層, L2層, L3層, L4層・・・」とした場合、L0層に対してデータの記録／再生を行う場合には、L1層, L2層, L3層, L4層・・・を介してレーザビームが照射されることになる。同様に、L1層に対してデータの記録／再生を行う場合には、L2層, L3層, L4層・・・を介してレーザビームが照射され、L2層に対してデータの記録／再生を行う場合には、L3層, L4層・・・を介してレーザビームが照射されることになる。したがって、より下層（光入射面からより遠い）に位置する情報記録層に対するデータの記録／再生を有効に行うためには、より上層（光入射面により近い）に位置する情報記録層は十分な光透過率を有している必要があり、そのためL1層, L2層, L3層, L4層・・・には反射膜が設けられないか、或いは反射膜の膜厚が非常に薄く設定される。

【0006】

【特許文献1】 特開 2001-243655号公報

【発明が解決しようとする課題】

このように、積層された複数の情報記録層を有する光記録媒体においては、下層に位置する情報記録層（例えばL0層）に対してデータの記録／再生を行う場合、より上層に位置する情報記録層（例えばL1層）を介してレーザビームを照射する必要があることから、下層の情報記録層に到達するレーザビーム光量及び反射光量は、上層の情報記録層の影響を大きく受けることになる。具体的には、上層の情報記録層のうち記録マークが形成されている領域とブランク領域とで光透過率が大きく異なると、下層の情報記録層にレーザビームのフォーカスを合わせた場合に、上層の情報記録層のうちレーザビームが通過する部分が記録領域であるか未記録領域であるかによって、下層の情報記録層に到達するレーザビーム

光量及び反射光量が大きく異なってしまう。このため、レーザビームが通過する部分が記録領域であるか未記録領域であるかによって下層の情報記録層に対する記録特性や下層の情報記録層より得られる信号振幅が変化し、安定した記録／再生の妨げになるという問題があった。

【0007】

このような問題を解決すべく、本発明者らは、上層の情報記録層に含まれる記録膜を複数の無機反応膜によって構成した光記録媒体を既に提案した（特願 2002-196335号）。このような構造を有する光記録媒体においては、上層の情報記録層において記録マーク形成領域の光透過率とブランク領域の光透過率との差が小さく、このため、下層の情報記録層に対するデータの記録／再生を安定して行うことが可能である。

【0008】

しかしながら、本発明者らがさらなる研究を重ねた結果、このような構造を有する光記録媒体の L1 層、L2 層、L3 層、L4 層・・・に対してデータの記録を行う場合、L0 層に対してデータの記録を行う場合に比べて良好な信号特性が得られにくいことが判明した。

【0009】

したがって、本発明の目的は、積層された複数の情報記録層を有し、少なくとも、光入射面から最も遠い情報記録層（L0 層）とは異なる所定の情報記録層に含まれる記録膜が無機反応膜を備えるタイプの光記録媒体の前記所定の情報記録層にデータを記録する光記録方法であって、良好な信号特性を得ることが可能な光記録方法を提供することである。

【0010】

また、本発明の他の目的は、このような光記録方法を実行するために必要な情報を備える光記録媒体、並びに、このような光記録方法を実行可能な光記録装置を提供することである。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本発明者らは、上述したタイプの光記録媒体に対する光記録方法について鋭意

研究を重ねた結果、L1層、L2層、L3層、L4層・・・に対してデータの記録を行う場合に良好な信号特性が得られにくいのは、L0層とは異なり、L1層、L2層、L3層、L4層・・・には反射膜が設けられないか或いは反射膜の膜厚が非常に薄く設定されることが原因であることを見いだした。すなわち、一般に反射膜の材料は金属であるため、L0層のように十分な膜厚の反射膜を具備可能な情報記録層においては、記録時に照射されるレーザービームの熱が効果的に放熱される一方、このような反射膜が設けられないか或いは反射膜の膜厚が非常に薄く設定されるL1層、L2層、L3層、L4層・・・においては、反射膜による放熱効果が全く或いは十分に得られないため、記録時に照射されるレーザービームの熱が十分に放熱されず、これが信号特性を悪化させる原因であることが明らかとなった。

【0012】

本発明はこのような技術的知見に基づきなされたものであって、本発明による光記録方法は、光記録媒体の一方の表面を構成する基板と、光記録媒体の他方の表面を構成する保護層と、前記保護層と前記基板との間に設けられた複数の情報記録層とを備え、前記一方及び他方の表面のうち光入射面となる側の表面から最も遠い情報記録層とは異なる所定の情報記録層に含まれる記録膜が複数の無機反応膜からなる光記録媒体に対する光記録方法であって、前記光入射面から、少なくとも記録パワー、前記記録パワーよりも強度の低い中間パワー及び前記中間パワーよりも強度の低い基底パワーを含む3値以上に強度変調されたレーザービームを照射することによって前記所定の情報記録層に記録マークを形成することを特徴とする。

【0013】

本発明によれば、記録パワー、中間パワー及び基底パワーを含む3値以上に強度変調されたレーザービームを照射することによって該所定の情報記録層に記録マークを形成していることから、2値に強度変調されたレーザービームを用いて記録マークを形成する場合に比べ、より正確な温度制御が可能となる。これにより、対応する反射膜が設けられないか或いは反射膜の膜厚が非常に薄く設定されるために放熱性が低い情報記録層に対しても、良好な記録特性を得ることが可能とな

る。

【0014】

また、本発明においては、少なくとも、前記レーザビームの強度を前記記録パワーと前記基底パワーに交互に設定する加熱期間と、前記加熱期間に続いて設けられ、前記レーザビームの強度を前記基底パワーに設定する冷却期間を用いて前記記録マークを形成することが好ましい。これによれば、記録パワーに設定されたレーザビームの照射により与えられた熱が効果的に放熱されることから、記録マークが形成される領域において熱が過剰に蓄積されることが無くなる。

【0015】

また、本発明においては、所定の記録マークを形成するための前記冷却期間と、前記所定の記録マークに続く他の記録マークを形成するための前記加熱期間との間において、前記レーザビームの強度を前記中間パワーに設定することがより好ましい。これによれば、記録マークが形成される領域における過剰な蓄熱を抑制しつつ、全体的な熱量不足を解消することができる。

【0016】

また、本発明においては、記録線速度を $V1$ に設定して記録を行う場合の前記冷却期間を t_{c11} とし、記録線速度を $V2$ に設定して記録を行う場合の前記冷却期間を t_{c12} とした場合、

$V1 < V2$ 、且つ、

$t_{c11} < t_{c12}$

に設定して前記記録マークを形成することが好ましい。これによれば、高い線速度で記録を行う場合であっても、良好な記録特性を得ることが可能となる。

【0017】

また、本発明においては、前記レーザビームの波長を λ とし、前記レーザビームを集束するための対物レンズの開口数を NA とした場合、 $\lambda/NA \leq 640 \text{ nm}$ の条件にて前記記録マークの形成を行うことが好ましい。上記条件にて記録を行うと、ビームスポットにおけるエネルギー密度が非常に高いことから放熱性の低い情報記録層に対する記録特性が悪化しやすいが、本発明によれば、このような条件で記録を行う場合であっても、良好な記録特性を得ることが可能となる。

このような条件にて記録を行う場合、保護層側からレーザービームを照射することによってチルトマージンを十分に確保することができる。つまりこの場合、保護層を光透過層として用いることが好ましい。

【0018】

また、本発明による光記録媒体は、光記録媒体の一方の表面を構成する基板と、光記録媒体の他方の表面を構成する保護層と、前記保護層と前記基板との間に設けられた複数の情報記録層とを備え、前記一方及び他方の表面のうち光入射面となる側の表面からレーザービームを照射することによって各情報記録層に対するデータの記録及び／又は再生が可能な光記録媒体であって、前記複数の情報記録層のうち前記光入射面から最も遠い情報記録層とは異なる所定の情報記録層に含まれる記録膜が複数の無機反応膜を備えており、さらに、前記光入射面から、少なくとも記録パワー、前記記録パワーよりも強度の低い中間パワー及び前記中間パワーよりも強度の低い基底パワーを含む3値以上に強度変調されたレーザービームを照射することによって前記所定の情報記録層に記録マークを形成するために必要な設定情報を有していることを特徴とする。

【0019】

本発明による光記録媒体は、複数の無機反応膜からなる記録膜を備えていることから、記録マーク形成領域の光透過率とブランク領域の光透過率との差を小さくすることができる。これにより、下層に位置する情報記録層に対してデータの記録／再生を行う場合において、上層の情報記録層の状態による記録／再生特性の変化を抑制することが可能となる。また、上記設定情報に基づいて記録条件を設定すれば、上層の情報記録層に対しても良好な記録特性を得ることが可能となる。

【0020】

この場合、前記複数の無機反応膜が、銅（Cu）を主成分とする第1の無機反応膜とシリコン（Si）を主成分とする第2の無機反応膜とを含んでいることが好ましい。このような材料を用いれば、次世代型の光記録媒体に用いられるレーザービームの波長領域において、これら無機反応膜が積層状態である場合と混合状態である場合との光透過率差を4%以下まで小さくことができ、また環境負

荷を抑制することも可能となる。また、第1の無機反応膜にアルミニウム (Al)、亜鉛 (Zn)、錫 (Sn)、マグネシウム (Mg) 及び金 (Au) からなる群より選ばれた少なくとも一つの元素を添加すれば、再生信号のノイズレベルをより低く抑えることができるとともに、長期間の保存に対する信頼性を高めることが可能となる。

【0021】

本発明による光記録装置は、光記録媒体の一方の表面を構成する基板と、光記録媒体の他方の表面を構成する保護層と、前記保護層と前記基板との間に設けられた複数の情報記録層とを備え、前記一方及び他方の表面のうち光入射面となる側の表面から最も遠い情報記録層とは異なる所定の情報記録層に含まれる記録膜が複数の無機反応膜からなる光記録媒体に対し、前記光入射面からレーザビームを照射することによって各情報記録層に対するデータの記録及び／又は再生を行うことが可能な光記録装置であって、前記レーザビームを少なくとも記録パワー、前記記録パワーよりも強度の低い中間パワー及び前記中間パワーよりも強度の低い基底パワーを含む3値以上に強度変調することによって前記所定の情報記録層に記録マークを形成可能であることを特徴とする。

【0022】

本発明によれば、上記設定情報に基づいて記録条件を設定することにより、前記所定の情報記録層に対して良好な特性にて記録を行うことが可能となる。

【0023】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照しながら、本発明の好ましい実施態様について詳細に説明する。

【0024】

図1(a)は、本発明による光記録方法の適用が好適な光記録媒体10の外観を示す切り欠き斜視図であり、図1(b)は、図1(a)に示すA部を拡大した部分断面図である。

【0025】

図1(a), (b)に示す光記録媒体10は、外径が約120mm、厚みが約

1. 2 mmである円盤状の光記録媒体であり、図1 (b) に示すように、支持基板11と、透明中間層12と、光透過層(保護層)13と、支持基板11と透明中間層12との間に設けられたL0層20と、透明中間層12と光透過層13との間に設けられたL1層30とを備える。L0層20は、光入射面13aから遠い側の情報記録層を構成し、支持基板11側から反射膜21、第4誘電体膜22、L0記録膜23及び第3誘電体膜24が積層された構造を有する。また、L1層30は、光入射面13aから近い側の情報記録層を構成し、支持基板11側から第2誘電体膜31、L1記録膜32及び第1誘電体膜33が積層された構造を有する。このように、本実施態様にかかる光記録媒体10は、積層された2層の情報記録層(L0層20及びL1層30)を有している。尚、「第4」誘電体膜22、「第3」誘電体膜24、「第2」誘電体膜31及び「第1」誘電体膜33とは、光入射面13aから見てそれぞれ4番目、3番目、2番目及び1番目の誘電体膜であることを意味する。

【0026】

以下に詳述するが、L0層20に対してデータの記録/再生を行う場合及びL1層30に対してデータの記録/再生を行う場合には、光入射面13a側から波長が380 nm～450 nmであるレーザビームLが照射され、その焦点がL0層20及びL1層30のいずれか一方に合わせられる。

【0027】

尚、L0層20とは異なり、L1層30には反射膜が含まれていない。これは、L0層20に対してデータの記録/再生を有効に行う場合、L1層30を介してレーザビームLが照射されるため、L0層20に対してデータの記録/再生を有効に行うためには、L1層30の光透過率を高める必要があるからである。但し、本発明による光記録方法の適用が可能な光記録媒体において、L1層30には反射膜が含まれていないことは必須でなく、L0層20に対するデータの記録/再生を妨げない範囲において薄い反射膜が含まれていても構わない。この場合、かかる反射膜は透明中間層12と第2誘電体膜31との間に設けられる。

【0028】

支持基板11は、光記録媒体10に求められる厚み(約1.2 mm)を確保す

るために用いられる円盤状の基板であり、その一方の面には、その中心部近傍から外縁部に向けて、グループ 11a 及びランド 11b が螺旋状に形成されている。これらグループ 11a 及び／又はランド 11b は、L0 層 20 に対してデータの記録／再生を行う場合におけるレーザビーム L のガイドトラックとしての役割を果たす。特に限定されるものではないが、グループ 11a の深さとしては 10 nm～40 nm に設定することが好ましく、グループ 11a のピッチとしては 0.2 μm～0.4 μm に設定することが好ましい。支持基板 11 の材料としては種々の材料を用いることが可能であり、例えば、ガラス、セラミックス、あるいは樹脂を用いることができる。これらのうち、成形の容易性の観点から樹脂が好ましい。このような樹脂としてはポリカーボネート樹脂、オレフィン樹脂、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、ポリスチレン樹脂、ポリエチレン樹脂、ポリプロピレン樹脂、シリコン樹脂、フッ素系樹脂、ABS 樹脂、ウレタン樹脂等が挙げられる。中でも、加工性などの点からポリカーボネート樹脂やオレフィン樹脂が特に好ましい。但し、支持基板 11 は、レーザビーム L の光路とはならないことから、高い光透過性を有している必要はない。

【0029】

透明中間層 12 は、L0 層 20 と L1 層 30 とを物理的及び光学的に十分な距離をもって離間させる役割を果たし、その表面にはグループ 12a 及びランド 12b が設けられている。これらグループ 12a 及び／又はランド 12b は、L1 層 30 に対してデータの記録／再生を行う場合におけるレーザビーム L のガイドトラックとしての役割を果たす。グループ 12a の深さやピッチは、支持基板 11 に設けられたグループ 11a の深さやピッチと同程度に設定すればよい。透明中間層 12 の厚みとしては 5 μm～50 μm に設定することが好ましく、10 μm～40 μm に設定することが特に好ましい。また、透明中間層 12 の材料としては特に限定されるものではないが、紫外線硬化性アクリル樹脂を用いることが好ましい。透明中間層 12 は、L0 層 20 に対してデータの記録／再生を行う場合にレーザビーム L の光路となることから、十分に高い光透過性を有している必要がある。

【0030】

光透過層 13 は、レーザビーム L の光路となるとともに光入射面 13a を構成し、その厚みとしては、 $30\mu\text{m} \sim 200\mu\text{m}$ に設定することが好ましい。光透過層 13 の材料としては、特に限定されるものではないが、透明中間層 12 と同様、紫外線硬化性アクリル樹脂を用いることが好ましい。上述のとおり、光透過層 13 はレーザビーム L の光路となることから、十分に高い光透過性を有している必要がある。

【0031】

次に、L0 層 20 及び L1 層 30 を構成する各膜について詳述する。

【0032】

図 2 (a) に示すように、L0 層 20 に含まれる L0 記録膜 23 及び L1 層 30 に含まれる L1 記録膜 32 は、支持基板 11 側に位置する無機反応膜 51 と光透過層 13 側に位置する無機反応膜 52 とが積層された構造を有している。L0 記録膜 23 又は L1 記録膜 32 のうち未記録状態である領域は、図 2 (a) に示すように無機反応膜 51 と無機反応膜 52 がそのまま積層された状態となっているが、所定以上のパワーを持つレーザビームが照射されると、その熱によって、図 2 (b) に示すように無機反応膜 51 を構成する元素及び無機反応膜 52 を構成する元素がそれぞれ部分的又は全体的に混合されて記録マーク M となる。このとき、記録層において記録マーク M の形成された混合部分とそれ以外の部分とでは再生光に対する反射率が異なるため、これを利用してデータの記録・再生を行うことができる。

【0033】

したがって、高い再生信号出力を得るためには無機反応膜 51, 52 の材料として、用いられるレーザビームの波長に関し、積層状態である場合 (図 2 (a) 参照) の反射率と混合状態である場合 (図 2 (b) 参照) の反射率との差が大きい材料を用いる必要があるが、L1 記録膜 32 において積層状態である場合の光透過率と混合状態である場合の光透過率との差が大きいと、L0 層 20 に対するデータの記録/再生において既に説明した問題が生じてしまう。したがって、L1 記録膜 32 を構成する無機反応膜 51, 52 の材料としては、用いられるレーザビームの波長に関して、積層状態である場合と混合状態である場合とで反射率

差が大きく、且つ、光透過率差が小さい材料を選択する必要がある。具体的には、L0層20に対するデータの記録／再生を安定的に行うためには、上記光透過率差を4%以下に抑えることが好ましく、2%以下に抑えることがより好ましい。

【0034】

これらの点を考慮して、光記録媒体10では、L1記録膜32を構成する無機反応膜51の材料として銅(Cu)及びシリコン(Si)の一方を主成分とする材料を用い、無機反応膜52の材料として銅(Cu)及びシリコン(Si)の他方を主成分とする材料を用いている。これにより、レーザビームの波長 λ が380nm～450nmである場合において、積層状態である場合と混合状態である場合との光透過率差を4%以下とすることができ、L0層20に対するデータの記録／再生を安定的に行うことができる。このような材料を用いた場合、特に、次世代型の光記録媒体に用いられる波長 λ ＝約405nmのレーザビームに対しては、積層状態である場合と混合状態である場合との光透過率差を1%以下とすることができる。また、主成分が銅(Cu)およびシリコン(Si)であることから、環境負荷を抑制することも可能となる。尚、この場合、無機反応膜51の主成分が銅(Cu)であり、無機反応膜52の主成分がシリコン(Si)であることが好ましい。

【0035】

また、無機反応膜51及び無機反応膜52のうち主成分が銅(Cu)である反応膜には、アルミニウム(Al)、亜鉛(Zn)、錫(Sn)、マグネシウム(Mg)または金(Au)が添加されていることが好ましい。このような元素を添加すれば、再生信号のノイズレベルがより低く抑えられるとともに、長期間の保存に対する信頼性を高めることが可能となる。尚、本明細書において「主成分」とは、当該膜中において最も含有率(原子%＝atm%)の高い元素を指す。

【0036】

尚、L0記録膜23を構成する無機反応膜51及び無機反応膜52の材料としては、記録の前後における光透過率差を考慮する必要はないが、高い変調度を得られるとともに、環境負荷を抑制することが可能となることから、L1記録膜3

2と同様の材料を用いることが好ましい。

【0037】

ここで、L1記録膜32は、L0層20に対してデータの記録／再生を行う場合にレーザビームLの光路となることから、十分な光透過性を有している必要があり、このためL1記録膜32の膜厚は、L0記録膜23の膜厚と比べて薄く設定することが好ましい。

【0038】

具体的には、L0記録膜23の膜厚については2nm～40nmに設定することが好ましく、L1記録膜32の膜厚については2nm～15nmに設定することが好ましい。これは、無機反応膜51及び52の積層体からなるL0記録膜23及びL1記録膜33の膜厚が2nm未満であるとこれらを混合する前後における光学特性の差が十分に得られなくなる一方、L1記録膜32の膜厚が15nmを超えるとL1層30の光透過率が低下し、L0層20に対するデータの記録特性及び再生特性が悪化してしまうからであり、また、L0記録膜23の膜厚が40nmを超えると、記録感度が悪化してしまうからである。また、無機反応膜51の膜厚と無機反応膜52の膜厚との比（無機反応膜51の膜厚／無機反応膜52の膜厚）は、0.2～5.0であることが好ましい。

【0039】

一方、L0記録膜23を挟むように設けられた第4誘電体膜22及び第3誘電体膜24は、L0記録膜23に対する保護膜として機能し、L1記録膜32を挟むように設けられた第2誘電体膜31及び第1誘電体膜33は、L1記録膜32に対する保護膜として機能する。

【0040】

第4誘電体膜22、第3誘電体膜24、第2誘電体膜31及び第1誘電体膜33の厚みとしては、特に限定されるものではないが、1nm～50nmに設定することが好ましい。これら誘電体膜の厚みを1nm未満に設定すると保護膜としての機能が不十分となり、一方、これら誘電体膜の厚みを50nm超に設定すると、成膜時間が長くなって生産性が低下したり、膜の応力によってL0記録膜23やL1記録膜32にクラックが発生するおそれがある。

【0041】

尚、これら第4誘電体膜22、第3誘電体膜24、第2誘電体膜31及び第1誘電体膜33は、1層の誘電体膜からなる単層構造であってもよいし、2層以上の誘電体膜からなる積層構造であってもよい。これら誘電体膜の材料としては特に限定されないが、 SiO_2 、 Si_3N_4 、 Al_2O_3 、 AlN 、 TaO 、 ZnS 、 CeO_2 、 TiO_2 等、アルミニウム (Al)、シリコン (Si)、セリウム (Ce)、チタン (Ti)、亜鉛 (Zn)、タンタル (Ta) 等の酸化物、窒化物、硫化物、炭化物あるいはそれらの混合物を用いることが好ましく、特に、第4誘電体膜22、第3誘電体膜24及び第2誘電体膜31については ZnS と SiO_2 との混合物 (モル比=80:20) を用いることが好ましく、第1誘電体膜33については TiO_2 を用いることが好ましい。これは、L1層30には反射膜が備えられていないためL0層20に比べて放熱性が低く、このため ZnS と SiO_2 との混合物よりも熱伝導率の高い TiO_2 を用いることによって放熱性を高めることが有効であるからである。

【0042】

反射膜21は、光入射面13aから入射されるレーザービームLを反射し、再び光入射面13aから出射させる役割を果たすとともに、L0記録膜23に生じた熱を効果的に放熱させる役割を果たし、その膜厚は20nm~200nmに設定することが好ましい。反射膜21の膜厚が20nm未満であると十分な放熱効果を得ることができず、また、200nm超であると、成膜に長い時間がかかることから生産性を低下させたり、内部応力等によってクラックが発生するおそれが生じる。反射膜21の材料としては特に限定されないが、マグネシウム (Mg)、アルミニウム (Al)、チタン (Ti)、クロム (Cr)、鉄 (Fe)、コバルト (Co)、ニッケル (Ni)、銅 (Cu)、亜鉛 (Zn)、ゲルマニウム (Ge)、銀 (Ag)、白金 (Pt)、金 (Au) 等を用いることができる。これらのうち、高い反射率と高い熱伝導率を有することから、アルミニウム (Al)、金 (Au)、銀 (Ag)、銅 (Cu) 又はこれらの合金を用いることが好ましい。

【0043】

以上が本発明による光記録方法の適用が好適な光記録媒体 10 の構造であり、このような構造を有する光記録媒体 10 に記録されたデータを再生する場合、光入射面 13 a からレーザビーム L が照射され、その反射光量が検出される。すなわち、L0 記録膜 23 及び L1 記録膜 32 は、未混合領域と混合領域（記録マーク M）とで光反射率が異なっていることから、レーザビーム L を光入射面 13 a から照射して L0 記録膜 23 及び L1 記録膜 32 の一方にフォーカスを合わせその反射光量を検出すれば、レーザビームが照射された部分における L0 記録膜 23 または L1 記録膜 32 が混合領域であるか未混合領域であるかを判別することができる。

【0044】

尚、本発明による光記録方法の適用が可能な光記録媒体が上述した光記録媒体 10 に限定されるものではなく、あくまで本発明による効果をより顕著に得ることができる光記録媒体を例示したに過ぎない。

【0045】

次に、本発明の好ましい実施態様にかかる光記録方法について、図 1 に示した光記録媒体 10 に対してデータの記録を行う場合を例に説明する。

【0046】

本実施態様においては、L0 層 20 に対してデータの記録を行う場合には以下に説明する第 1 のパルス列パターン又は第 2 のパルス列パターンが用いられ、L1 層 30 に対してデータの記録を行う場合には第 1 のパルス列パターンが用いられる。

【0047】

まず、第 1 のパルス列パターンについて、1, 7 R L L 変調方式を用いた場合を例に説明する。上述の通り、第 1 のパルス列パターンは、L1 層 30 に対するデータの記録において用いられるとともに、L0 層 20 に対するデータの記録においても用いることが可能である。

【0048】

図 3 は、第 1 のパルス列パターンを示す図であり、(a) は 2 T 信号を形成する場合のパルス列パターンを示し、(b) は 3 T 信号を形成する場合のパルス列

パターンを示し、(c) は 4 T 信号を形成する場合のパルス列パターンを示し、(d) は 5 T 信号～8 T 信号を形成する場合のパルス列パターンを示している。

【0049】

図 3 (a) ～ (d) に示すように、第 1 のパルス列パターンにおいては、レーザービーム L の強度は記録パワー P_{w1} 、中間パワー P_{m1} 及び基底パワー P_{b1} からなる 3 つの設定強度 (3 値) に変調される。ここで、特に区別する必要がある場合には、L 0 層 20 に対して記録を行う場合におけるこれら記録パワー、中間パワー及び基底パワーをそれぞれ「 P_{w10} 」、「 P_{m10} 」及び「 P_{b10} 」と表記し、L 1 層 30 に対して記録を行う場合におけるこれら記録パワー、中間パワー及び基底パワーをそれぞれ「 P_{w11} 」、「 P_{m11} 」及び「 P_{b11} 」と表記する。したがって、記録パワー P_{w1} というときには記録パワー P_{w10} 及び P_{w11} の両方を指し、中間パワー P_{m1} というときには中間パワー P_{m10} 及び P_{m11} の両方を指し、基底パワー P_{b1} というときには基底パワー P_{b10} 及び P_{b11} の両方を指す。

【0050】

これら記録パワー、中間パワー及び基底パワーの関係については、 $P_{w10} > P_{m10} > P_{b10}$ に設定されるとともに、 $P_{w11} > P_{m11} > P_{b11}$ に設定される。

【0051】

記録パワー P_{w10} としては、照射によって L 0 記録膜 23 を構成する無機反応膜 51, 52 が溶融混合するような高いレベルに設定され、中間パワー P_{m10} 及び基底パワー P_{b10} としては、照射されても L 0 記録膜 23 を構成する無機反応膜 51, 52 が溶融混合しないような低いレベルに設定される。特に、基底パワー P_{b10} は、照射によって L 0 記録膜 23 に与える熱的な影響がほとんどなく、記録パワー P_{w10} を持つレーザービーム L の照射により加熱された L 0 記録膜 23 が冷却されるような極めて低いレベルに設定される。

【0052】

同様に、記録パワー P_{w11} としては、照射によって $L1$ 記録膜 32 を構成する無機反応膜 51, 52 が溶融混合するような高いレベルに設定され、中間パワー P_{m11} 及び基底パワー P_{b11} としては、照射されても $L1$ 記録膜 32 を構成する無機反応膜 51, 52 が溶融混合しないような低いレベルに設定される。特に、基底パワー P_{b11} は、照射により $L1$ 記録膜 32 に与える熱的な影響がほとんどなく、記録パワー P_{w11} を持つレーザビーム L の照射により加熱された $L1$ 記録膜 32 が冷却されるような極めて低いレベルに設定される。

【0053】

記録パワー P_{w10} と記録パワー P_{w11} との関係については特に限定されない。また、中間パワー P_{m10} と中間パワー P_{m11} との関係についても、特に限定されない。

【0054】

基底パワー P_{b10} と基底パワー P_{b11} との関係については、上記のように、加熱された $L0$ 記録膜 23 又は $L1$ 記録膜 32 を冷却可能な低いレベルである限り特に限定されない。

【0055】

図 3 (a) に示すように、第 1 のパルス列パターンにおいて 2T 信号を形成する場合、レーザビーム L の記録パルス数は「1」に設定され、その後、冷却期間 t_{c1} が挿入される。レーザビーム L の記録パルス数とは、レーザビーム L の強度が記録パワー P_{w1} (又は P_{w2} (P_{w2} については後述する)) まで高められた回数によって定義される。また、本明細書においては、レーザビーム L の記録パルスのうち、先頭の記録パルスをトップパルス、最後の記録パルスをラストパルス、トップパルスとラストパルスの間に存在する記録パルスをマルチパルスと定義する。但し、図 3 (a) に示すように、記録パルス数が「1」である場合には、当該記録パルスはトップパルスである。

【0056】

また、冷却期間 t_{c1} においては、レーザビーム L の強度が基底パワー P_{b1} に設定される。このように、本明細書においては、レーザビーム L の強度が基底パワー P_{b1} に設定される最後の期間を「冷却期間」と定義する。また、トップ

パルスが立ち上がってから冷却期間が始まるまでの期間を「加熱期間」と定義する。2 T信号を形成する場合、レーザビームLの強度は、タイミング t_{11} 以前においては中間パワー P_{m1} に設定され、タイミング t_{11} からタイミング t_{12} までの期間(t_{top})においては記録パワー P_{w1} に設定され、タイミング t_{12} からタイミング t_{13} までの期間 t_{c1} においては基底パワー P_{b1} に設定され、タイミング t_{13} 以降においては再び中間パワー P_{m1} に設定される。したがって、2 T信号を形成する場合、タイミング t_{11} からタイミング t_{12} までの期間が加熱期間となり、タイミング t_{12} からタイミング t_{13} までの期間が冷却期間となる。

【0057】

また、図3 (b) に示すように、第1のパルス列パターンにおいて3 T信号を形成する場合、レーザビームLの記録パルス数は「2」に設定され、その後、冷却期間 t_{c1} が挿入される。したがって、3 T信号を形成する場合、レーザビームLの強度は、タイミング t_{21} 以前においては中間パワー P_{m1} に設定され、タイミング t_{21} からタイミング t_{22} までの期間(t_{top})及びタイミング t_{23} からタイミング t_{24} までの期間(t_{lp})においては記録パワー P_{w1} に設定され、タイミング t_{22} からタイミング t_{23} までの期間(t_{off})及びタイミング t_{24} からタイミング t_{25} までの期間(t_{c1})においては基底パワー P_{b1} に設定され、タイミング t_{25} 以降においては再び中間パワー P_{m1} に設定される。したがって、3 T信号を形成する場合、タイミング t_{21} からタイミング t_{24} までの期間が加熱期間となり、タイミング t_{24} からタイミング t_{25} までの期間が冷却期間となる。

【0058】

さらに、図3 (c) に示すように、第1のパルス列パターンにおいて4 T信号を形成する場合、レーザビームの記録パルス数は「3」に設定され、その後、冷却期間 t_{c1} が挿入される。したがって、4 T信号を形成する場合、レーザビームLの強度は、タイミング t_{31} 以前においては中間パワー P_{m1} に設定され、タイミング t_{31} からタイミング t_{32} までの期間(t_{top})、タイミング t_{33} からタイミング t_{34} までの期間(t_{mp})及びタイミング t_{35} からタイ

ミング t_{36} までの期間 (t_{lp}) においては記録パワー P_{w1} に設定され、タイミング t_{32} からタイミング t_{33} までの期間 (t_{off})、タイミング t_{34} からタイミング t_{35} までの期間 (t_{off}) 及びタイミング t_{36} からタイミング t_{37} までの期間 (t_{cl}) においては基底パワー P_{b1} に設定され、タイミング t_{37} 以降においては再び中間パワー P_{m1} に設定される。したがって、4 T 信号を形成する場合、タイミング t_{31} からタイミング t_{36} までの期間が加熱期間となり、タイミング t_{36} からタイミング t_{37} までの期間が冷却期間となる。

【0059】

そして、図3(d)に示すように、第1のパルス列パターンにおいて5 T 信号～8 T 信号を形成する場合、レーザビーム L の記録パルス数はそれぞれ「4」～「7」に設定され、その後、冷却期間 t_{cl} が挿入される。したがって、マルチパルスの数は、5 T 信号～8 T 信号を形成する場合それぞれ「2」～「5」に設定される。この場合も、レーザビーム L の強度は、 t_{top} (タイミング t_{41} からタイミング t_{42} までの期間)、 t_{mp} (タイミング t_{43} からタイミング t_{44} までの期間、タイミング t_{45} からタイミング t_{46} までの期間等) 及び t_{lp} の期間 (タイミング t_{47} からタイミング t_{48} までの期間) においては記録パワー P_{w1} に設定され、オフ期間 t_{off} (タイミング t_{42} からタイミング t_{43} までの期間、タイミング t_{46} からタイミング t_{47} までの期間等) 及び冷却期間 t_{cl} (タイミング t_{48} からタイミング t_{49} までの期間) においては基底パワー P_{b1} に設定され、その他の期間においては中間パワー P_{m1} に設定される。したがって、5 T 信号～8 T 信号を形成する場合、タイミング t_{41} からタイミング t_{48} までの期間が加熱期間となり、タイミング t_{48} からタイミング t_{49} までの期間が冷却期間となる。

【0060】

以上により、記録信号 (2 T 信号～8 T 信号) を形成すべき領域においては、記録パワー P_{w1} をもつレーザビーム L の照射によって、L0 記録膜 23 又は L1 記録膜 32 を構成する無機反応膜 51, 52 が溶融混合し、所望の長さを持った記録マーク M が形成される。

【0061】

このように、第1のパルス列パターンにおいては記録マークMを形成するための記録パルスが $n-1$ 個（ n は T の倍数であり、1, 7 RLL変調方式を用いた場合においては2～8の整数である）に分割され、加熱期間においてはレーザービームLの強度が記録パワー P_{w1} と基底パワー P_{b1} に交互に設定され、前記加熱期間に続く冷却期間 t_{c1} においてはレーザービームの強度が基底パワー P_{b1} に設定される。また、冷却期間 t_{c1} が終了してから次の記録マークMを形成するためのトップパルスが立ち上がるまでの期間においてはレーザービームLの強度が中間パワー P_{m1} に設定される。

【0062】

L1層30に対するデータの記録において上述した第1のパルス列パターンを用いる理由は次の通りである。

【0063】

すなわち、上述したようにL1層30には反射膜が含まれていないため（或いは、非常に薄い反射膜しか設けられないため）、L0層20とは違って反射膜による放熱効果が全く（或いは十分に）得られない。このため、記録パワー P_{w1} に設定されたレーザービームLによる熱が十分に放熱されず、これが信号特性を悪化させるという問題があった。しかしながら、L1層30に対するデータの記録において上述した第1のパルス列パターンを用いれば、記録パルスの直後においてレーザービームLの強度が基底パワー P_{b1} に設定されるので、熱が過剰に蓄積されることが無く、その結果、良好な信号特性を得ることが可能となるのである。

【0064】

また、第1のパルス列パターンにおけるトップパルスのパルス期間 t_{tp} は2T信号～8T信号を形成する場合において一定に設定することができ、ラストパルスのパルス期間 t_{lp} は3T信号～8T信号を形成する場合において一定に設定することができ、マルチパルスのパルス期間 t_{mp} は4T信号～8T信号を形成する場合において一定に設定することができる。また、冷却期間 t_{c1} は2T信号～8T信号を形成する場合において一定に設定することができ、オフ期間

t o f f は3 T信号～8 T信号を形成する場合において一定に設定することができる。

【0065】

但し、L1記録層30への記録においては、少なくとも冷却期間 t_{c1} については実際の記録線速度に基づいて設定することが好ましい。具体的には、記録線速度を $V1$ に設定してL1記録層30への記録を行う場合の冷却期間を「 t_{c11} 」とし、記録線速度を $V2$ ($>V1$) に設定してL1記録層30への記録を行う場合の冷却期間を「 t_{c12} 」とした場合、これら冷却期間 t_{c11} と t_{c12} との関係は、

$$t_{c11} < t_{c12}$$

に設定することが好ましい。これにより、高い線速度でL1記録層30に対し記録を行う場合であっても、良好な記録特性を得ることが可能となる。

【0066】

また、高い線速度で記録を行うと記録感度が低下する傾向にあるため、例えばマルチパルスのパルス期間 t_{mp} を長く設定する等によって感度を高める必要が生じる場合がある。このような場合、冷却期間 t_{c1} においてより十分な冷却を行うことが重要となるが、冷却期間 t_{c11} と t_{c12} との関係を上述のように設定すれば、マルチパルスのパルス期間 t_{mp} を長く設定する等によって高速記録時における感度を高めた場合であっても、良好な記録特性を得ることが可能となる。

【0067】

次に、第2のパルス列パターンについて、1, 7 R L L変調方式を用いた場合を例に説明する。上述の通り、第2のパルス列パターンは、L0層20に対するデータの記録において用いることが可能である。

【0068】

図4は、第2のパルス列パターンを示す図であり、(a)は2 T信号を形成する場合のパルス列パターンを示し、(b)は3 T信号を形成する場合のパルス列パターンを示し、(c)は4 T信号を形成する場合のパルス列パターンを示し、(d)は5 T信号～8 T信号を形成する場合のパルス列パターンを示している。

【0069】

図4 (a) ~ (d) に示すように、第2のパルス列パターンにおいては、レーザビームLの設定強度は記録パワー P_{w2} 及び基底パワー P_{b2} からなる2つの強度(2値)に変調される。

【0070】

また、これら記録パワー P_{w2} 及び基底パワー P_{b2} の関係については、 $P_{w2} > P_{b2}$ に設定される。

【0071】

記録パワー P_{w2} としては、照射によってL0記録膜23を構成する無機反応膜51、52が溶融混合するような高いレベルに設定され、基底パワー P_{b2} としては、照射されてもL0記録膜23を構成する無機反応膜51、52が溶融混合しないような低いレベルに設定される。この場合、基底パワー P_{b2} のレベルとしては、照射によってL0記録膜23に与える熱的な影響がほとんどなく、記録パワー P_{w2} を持つレーザビームLの照射により加熱されたL0記録膜23が冷却されるような極めて低いレベルに設定しても構わない。

【0072】

図4 (a) に示すように、第2のパルス列パターンにおいて2T信号を形成する場合、レーザビームLの記録パルス数は「1」に設定される。より具体的には、レーザビームLの強度は、タイミング t_{51} 以前においては基底パワー P_{b2} に設定され、タイミング t_{51} からタイミング t_{52} までの期間(t_{top})においては記録パワー P_{w2} に設定され、タイミング t_{52} 以降においては再び基底パワー P_{b2} に設定される。

【0073】

また、図4 (b) に示すように、第2のパルス列パターンにおいて3T信号を形成する場合、レーザビームLの記録パルス数は「2」に設定される。つまり、レーザビームLの強度は、タイミング t_{61} からタイミング t_{62} までの期間(t_{top})及びタイミング t_{63} からタイミング t_{64} までの期間(t_{lp})においては記録パワー P_{w2} に設定され、その他の期間においては基底パワー P_{b2}

2 に設定される。

【0074】

さらに、図4(c)に示すように、第2のパルス列パターンにおいて4T信号を形成する場合、レーザビームの記録パルス数は「3」に設定される。つまり、レーザビームLの強度は、タイミングt71からタイミングt72までの期間(t_{top})、タイミングt73からタイミングt74までの期間(t_{mp})及びタイミングt75からタイミングt76までの期間(t_{lp})においては記録パワー P_w2 に設定され、その他の期間においては基底パワー P_b2 に設定される。

【0075】

そして、図4(d)に示すように、第2のパルス列パターンにおいて5T信号～8T信号を形成する場合、レーザビームLの記録パルス数はそれぞれ「4」～「7」に設定される。この場合も、レーザビームLの強度は、 t_{top} (タイミングt81からタイミングt82までの期間)、 t_{mp} (タイミングt83からタイミングt84までの期間、タイミングt85からタイミングt86までの期間等)及び t_{lp} の期間(タイミングt87からタイミングt88までの期間)においては記録パワー P_w2 に設定され、その他の期間においては基底パワー P_b2 に設定される。

【0076】

以上により、記録信号(2T信号～8T信号)を形成すべき領域においては、記録パワー P_w2 をもつレーザビームLの照射によって、L0記録膜23を構成する無機反応膜51, 52が熔融混合し、所望の長さを持った記録マークMが形成される。

【0077】

上述した第2のパルス列パターンは、L0層20に対するデータの記録においては適用可能であるが、L1層30に対するデータの記録には不適切である。以下、その理由について詳述する。

【0078】

図5は、L1層30に対するデータの記録において第2のパルス列パターンを

用いた場合の信号特性を示す模式的なグラフであり、基底パワー P_{b2} を極めて低いレベルに設定した場合（例えば $P_{b2} = 0.1 \text{ mW}$ ）における記録パワー P_{w2} の強度と 2 T 信号及び 8 T 信号の C/N 比との関係を示している。

【0079】

図 5 に示すように、L1 層 30 に対するデータの記録において第 2 のパルス列パターンを用いるとともに、基底パワー P_{b2} を極めて低いレベルに設定した場合、8 T 信号の C/N 比が最大となる記録パワー P_{w2} の強度を「a」とし、2 T 信号の C/N 比が最大となる記録パワー P_{w2} の強度を「b」とすると、これら a 及び b の関係は、

$$a < b$$

となる。このため、記録パワー P_{w2} の強度を a に設定すれば、8 T 信号の C/N 比が最大となる一方で 2 T 信号の C/N 比が犠牲となり、記録パワー P_{w2} の強度を b に設定すれば、2 T 信号の C/N 比が最大となる一方で 8 T 信号の C/N 比が犠牲となってしまう。具体的には、記録パワー P_{w2} の強度を a に設定した場合に得られる 2 T 信号の C/N 比及び 8 T 信号の C/N 比をそれぞれ「A2」及び「A8」（最大値）とし、記録パワー P_{w2} の強度を b に設定した場合に得られる 2 T 信号の C/N 比及び 8 T 信号の C/N 比をそれぞれ「B2」（最大値）及び「B8」とすると、記録パワー P_{w2} の強度を a に設定すれば 2 T 信号の C/N 比が $B2 - A2$ だけ犠牲となる一方、記録パワー P_{w2} の強度を b に設定すれば 8 T 信号の C/N 比が $A8 - B8$ だけ犠牲となる。

【0080】

この場合、 $B2 - A2$ の値又は $A8 - B8$ の値が十分に小さければ、記録パワー P_{w2} の強度を a から b の間或いはその近傍に設定することにより、2 T 信号の C/N 比及び 8 T 信号の C/N 比の両方をある程度高い値とすることができるが、実際に得られるジッタは 8 T 信号の C/N 比よりも 2 T 信号の C/N 比に大きく依存するため、 $B2 - A2$ の値がある程度小さい場合であっても、現実的には記録パワー P_{w2} の強度を b の近傍に設定せざるを得ない。このため、 $B2 - A2$ の値が小さくても $A8 - B8$ の値が大きい場合には、実際に良好なジッタを得ることができなくなってしまう。

【0081】

そして、L1層30に対するデータの記録において第2のパルス列パターンを用いるとともに、基底パワーPb2を極めて低いレベルに設定すると、A8-B8の値が非常に大きく（約10dB以上）なることから、結果的に良好なジッタが得られなくなってしまう。

【0082】

このような問題は、基底パワーPb2の強度を高めることによって解決可能である。つまり、L1層30に対するデータの記録において第2のパルス列パターンを用いるとともに、基底パワーPb2のレベルとして、照射によりL1記録膜32に対して実質的に熱的な影響を与えるレベルに設定すれば、B2-A2の値及びA8-B8の値が小さくなり、結果的に、2T信号のC/N比及び8T信号のC/N比の両方を最大とすることが可能となる。

【0083】

図6は、これを説明するための模式的なグラフであり、L1層30に対するデータの記録において第2のパルス列パターンを用い、基底パワーPb2のレベルとして照射によりL1記録膜32に対して実質的に熱的な影響を与えるレベルに設定した場合（例えばPb2=2.4mW）における記録パワーPw2の強度と2T信号及び8T信号のC/N比との関係を示している。

【0084】

図6に示すように、基底パワーPb2のレベルを極めて低いレベルから徐々に高めると、記録パワーPw2の強度と2T信号及び8T信号のC/N比との関係が変化し、基底パワーPb2が所定のレベルに達した場合に8T信号のC/N比が最大となる記録パワーPw2の強度及び2T信号のC/N比が最大となる記録パワーPw2の強度がいずれも「c」となり、一致する。したがって、この場合、記録パワーPw2の強度をcに設定すれば、8T信号のC/N比及び2T信号のC/N比の両方を最大とすることができる。

【0085】

しかしながら、記録パワーPw2の強度をcに設定した場合に得られる2T信号のC/N比及び8T信号のC/N比をそれぞれ「C2」及び「C8」（いずれ

も最大値) とすると、図 6 に示すように、 $C2$ の値は $B2$ の値よりも低くなり、且つ、 $C8$ の値は $A8$ の値よりも低くなってしまふ。この場合、 $2T$ 信号について C/N 比の低下が特に顕著であり ($B2 - C2$ の値が大きい)、このため、記録パワー $Pw2$ の強度を c に設定しても、実際には良好なジッタを得ることができない。これは、上述の通り、実際に得られるジッタが $2T$ 信号の C/N 比に大きく依存するためである。

【0086】

以上の通り、 $L1$ 層 30 に対するデータの記録において第 2 のパルス列パターンを用いると、基底パワー $Pb2$ のレベルが低い場合には $A8 - B8$ の値が大きくなることから良好なジッタを得ることができず、基底パワー $Pb2$ のレベルがある程度高い場合には $B2 - C2$ の値が大きくなることからやはり良好なジッタを得ることができないという問題が生じる。

【0087】

これに対し、 $L1$ 層 30 に対するデータの記録において図 3 に示した第 1 のパルス列パターンを用いると、 $2T$ 信号の C/N 比及び $8T$ 信号の C/N 比を高く保ったまま、 $8T$ 信号の C/N 比が最大となる記録パワー $Pw11$ の強度及び $2T$ 信号の C/N 比が最大となる記録パワー $Pw11$ の強度をほぼ一致させることが可能となる。

【0088】

図 7 は、これを説明するための模式的なグラフであり、 $L1$ 層 30 に対するデータの記録において第 1 のパルス列パターンを用いた場合における記録パワー $Pw11$ の強度と $2T$ 信号及び $8T$ 信号の C/N 比との関係を示している。

【0089】

図 7 に示すように、 $L1$ 層 30 に対するデータの記録において第 1 のパルス列パターンを用いると、第 2 のパルス列パターンにおいて基底パワー $Pb2$ を極めて低いレベルに設定した場合に得られる特性がグラフの上で横方向にシフトしたような特性となり、記録パワー $Pw11$ の強度が「 d 」である場合に $8T$ 信号の C/N 比及び $2T$ 信号の C/N 比の両方を最大とすることができる。

【0090】

ここで、記録パワー P_{w11} の強度を d に設定した場合に得られる 2 T 信号の C/N 比及び 8 T 信号の C/N 比をそれぞれ「D2」及び「D8」（いずれも最大値）とすると、図7に示すように、D2の値はB2の値とほぼ等しくなり、且つ、D8の値はA8の値とほぼ等しくなる。したがって、記録パワー P_{w11} の強度を d に設定すれば、2 T 信号の C/N 比及び 8 T 信号の C/N 比としていずれも高い値を得ることが可能となり、これにより実際に良好なジッタを得ることが可能となる。

【0091】

このような現象が生じるのは、上述の通り、L1層30には反射膜が含まれていないため（或いは、非常に薄い反射膜しか設けられないため）、L0層20とは異なり反射膜による放熱効果が全く（或いは十分に）得られないことに起因する。つまり、L1層30に対するデータの記録において第2のパルス列パターンを用いると、基底パワー P_{b2} を低く設定した場合には全体的な熱量不足により結果的に $A8-B8$ の値が大きくなる一方、基底パワー P_{b2} のをある程度高く設定した場合には全体的な熱量過剰により結果的に $B2-C2$ の値が大きくなってしまいが、L1層30に対するデータの記録において第1のパルス列パターンを用いれば、記録パルスの直後においてレーザビームLの強度が基底パワー P_{b11} に設定されることから、記録マークMが形成される領域において熱が過剰に蓄積されることが無く、さらに、記録マーク間においてレーザビームLの強度が中間パワー P_{m11} に設定されることから、全体的な熱量不足が解消される。その結果、放熱性が低いL1層30においても良好な信号特性を得ることが可能となるのである。

【0092】

このように、L1層30に対するデータの記録においては、図4に示す第2のパルス列パターンではなく、図3に示す第1のパルス列パターンを用いることにより、良好な記録特性を得ることが可能となる。

【0093】

以上が、光記録媒体10に記録マークMを形成するための具体的なパルス列パターンである。

【0094】

以上説明したパルス列パターンを特定するための情報は、「記録条件設定情報」として当該光記録媒体10内に保存しておくことが好ましい。このような記録条件設定情報を光記録媒体10内に保存しておけば、ユーザが実際にデータの記録を行う際に、情報記録装置によってかかる記録条件設定情報が読み出され、これに基づいてパルス列パターンを決定することが可能となる。

【0095】

記録条件設定情報としては、パルス列パターンのみならず、光記録媒体10に対してデータの記録を行う場合に必要な各種条件（記録線速度等）を特定するために必要な情報を含んでいることがより好ましい。記録条件設定情報は、ウォブルやプレピットとして記録されたものでもよく、L0層20及び／又はL1層30にデータとして記録されたものでもよい。また、データの記録に必要な各条件を直接的に示すもののみならず、情報記録装置内にあらかじめ格納されている各種条件のいずれかを指定することによりパルス列パターン等の特定を間接的に行うものであっても構わない。

【0096】

次に、光記録媒体10に対してデータの記録を行うことが可能な情報記録装置について説明する。

【0097】

図8は、光記録媒体10に対してデータの記録を行うことが可能な情報記録装置100の概略構成図である。

【0098】

図8に示すように、情報記録装置100は、光記録媒体10を回転させるスピンドルモータ101と、光記録媒体10にレーザビームLを照射するとともにその反射光L'を受光する光ヘッド110と、光ヘッド110を光記録媒体10の径方向に移動させるトラバースモータ102と、光ヘッド110にレーザ駆動信号103aを供給するレーザ駆動回路103と、光ヘッド110レンズ駆動信号104aを供給するレンズ駆動回路104と、スピンドルモータ101、トラバースモータ102、レーザ駆動回路103及びレンズ駆動回路104を制御する

コントローラ 105 とを備えている。

【0099】

光ヘッド 110 は、レーザ駆動信号 103a に基づいてレーザビーム L を発生するレーザ光源 111 と、レーザ光源 111 が発するレーザビーム L を平行光線に変換するコリメータレンズ 112 と、光束上に配置されたビームスプリッタ 113 と、レーザビーム L を集光する対物レンズ 114 と、レンズ駆動信号 104a に基づいて対物レンズ 114 を垂直方向及び水平方向に移動させるアクチュエータ 115 と、反射光 L' を受けてこれを光電変換するフォトディテクタ 116 とを備えている。

【0100】

スピンドルモータ 101 は、コントローラ 105 による制御のもと、光記録媒体 10 を所望の回転数で回転させることが可能である。光記録媒体 10 に対する回転制御方法としては、線速度を一定に保って回転させる方法 (CLV 方式) と角速度を一定に保って回転させる方法 (CAV 方式) に大別することができる。CLV 方式を用いた回転制御によれば、記録/再生位置が光記録媒体 10 の内周部分であるか外周部分であるかに関わらずデータ転送レートが一定となることから、常に高いデータ転送レートで記録/再生を行うことができるとともに、記録密度が高いという利点がある反面、記録/再生位置に応じて光記録媒体 10 の回転速度を変化させる必要があるためスピンドルモータ 101 に対する制御が複雑となり、このためランダムアクセス速度が遅いという欠点を有している。一方、CAV 方式を用いた回転制御によれば、スピンドルモータ 101 に対する制御が簡単であることからランダムアクセス速度が速いという利点がある反面、外周での記録密度がやや低くなるという欠点を有している。現在実用化されている光記録媒体の記録/再生方式の多くは、CLV 方式を採用しているが、これは、高い記録密度が得られるとともに、データ転送レートを最大限に生かすことができるという利点に着目した結果である。

【0101】

トラバースモータ 102 は、コントローラ 105 による制御のもと、光ヘッド 110 を光記録媒体 10 の径方向に移動させるために用いられ、データの記録/

再生時においては、光記録媒体 10 に設けられた螺旋状のグループ 11 a 又は 12 a に沿ってレーザビーム L のビームスポットが光記録媒体 10 の内周から外周へ又は外周から内周へ徐々に移動するよう、光ヘッド 110 を駆動する。また、データの記録／再生位置を変更する場合にも、コントローラ 105 はトラバースモータ 102 を制御することによって、レーザビーム L のビームスポットを光記録媒体 10 上の所望の位置に移動させる。

【0102】

レーザ駆動回路 103 は、コントローラ 105 による制御のもと、光ヘッド 110 内のレーザ光源 111 にレーザ駆動信号 103 a を供給するために用いられ、生成されるレーザビーム L の強度はレーザ駆動信号 103 a の強度に対応したものとなる。レーザ駆動回路 103 は、L0 層 20 にデータを記録する場合には、レーザビーム L の波形が第 1 のパルス列パターン又は第 2 のパルス列パターンとなるようにレーザ駆動信号 103 a を強度変調し、L1 層 30 にデータを記録する場合には、レーザビーム L の波形が第 1 のパルス列パターンとなるようにレーザ駆動信号 103 a を強度変調する。また、レーザ駆動回路 103 は、データの再生時においては、レーザ駆動信号 103 a を所定の強度に固定し、これによりレーザビーム L の強度を再生パワー P_r に固定する。

【0103】

レンズ駆動回路 104 は、コントローラ 105 による制御のもと、アクチュエータ 115 にレンズ駆動信号 104 a を供給するために用いられ、これにより、レーザビーム L のビームスポットを光記録媒体 10 の L0 記録膜 23 又は L1 記録膜 32 に正しくフォーカスすることができるとともに、偏芯しているグループ 11 a 又は 12 a に対して、レーザビーム L のビームスポットを追従させることができる。すなわち、コントローラ 105 にはフォーカス制御回路 105 a が備えられており、これがフォーカスオン状態となると、レーザビーム L のビームスポットが光記録媒体 10 の L0 記録膜 23 又は L1 記録膜 32 にフォーカスされた状態に固定される。さらに、コントローラ 105 にはトラッキング制御回路 105 b が備えられており、これがトラッキングオン状態となると、レーザビーム L のビームスポットが光記録媒体 10 のグループ 11 a 又は 12 a に対して自動

追従状態とされる。

【0104】

このような情報記録装置100を用いて光記録媒体10にレーザビームLを照射する場合、コントローラ105は、レーザ駆動回路103を制御し、これに基づきレーザ駆動回路103はレーザ駆動信号103aをレーザ光源111に供給する。レーザ光源111はこれに基づいてレーザビームLを発生し、このレーザビームLはコリメータレンズ112によって平行光線に変換された後、ビームスプリッタ113を経由して対物レンズ114に入射し、光記録媒体10が備えるグループ11a又は12a上に集束される。

【0105】

また、光記録媒体10に照射されたレーザビームLの反射光L'は、対物レンズ114によって平行光線に変換された後、ビームスプリッタ113により反射し、フォトディテクタ116に入射する。これにより反射光L'はフォトディテクタ116によって光電変換され、コントローラ105に供給される。

【0106】

このような構成からなる情報記録装置100を用いて光記録媒体10に対するデータの記録を行う場合、上述のとおり、光記録媒体10に記録されている記録条件設定情報が読み出され、コントローラ105による制御のもと、これに基づく条件にてデータの記録が行われる。つまり、コントローラ105は、L0層20にデータを記録する場合には、レーザビームLの波形が第1のパルス列パターン又は第2のパルス列パターンとなるようレーザ駆動回路103を制御し、L1層30にデータを記録する場合には、レーザビームLの波形が第1のパルス列パターンとなるようにレーザ駆動回路103を制御する。好ましくは、コントローラ105は、スピンドルモータ101への制御によりL1層30への記録を記録線速度をV1に設定して行う場合には、冷却期間が t_{c11} となるようレーザ駆動回路103を制御し、L1層30への記録を記録線速度をV2 ($> V1$) に設定して行う場合には、冷却期間が t_{c12} ($> t_{c11}$) となるようレーザ駆動回路103を制御する。

【0107】

これにより、L0層20に対するデータの記録特性はもちろんのこと、放熱性の低いL1層30に対するデータの記録特性についてもこれを良好とすることが可能となる。特に、冷却期間 t_{c1} を上述のように記録線速度に基づいて設定すれば、高い線速度でL1層30に対しデータの記録を行った場合であっても、良好な信号特性を得ることが可能となる。

【0108】

このように、本実施態様においては、図1に示す構造を有する光記録媒体10に対し、放熱性の低いL1層30に対してデータの記録を行う場合には図3に示す第1のパルス列パターンを用いていることから、L1層30に対する記録特性を高めることが可能となる。

【0109】

本発明は、以上の実施態様に限定されることなく、特許請求の範囲に記載された発明の範囲内で種々の変更が可能であり、それらも本発明の範囲内に包含されるものであることはいうまでもない。

【0110】

まず、上記実施態様において説明した光記録媒体10は、本発明による光記録方法の適用が好適な光記録媒体のあくまで一例であり、本発明の適用が可能な光記録媒体がこれに限定されるものではない。例えば、光記録媒体10ではL0記録膜23及びL1記録膜32がいずれも無機反応膜51及び無機反応膜52からなる2層構造を有しているが、これらが無機反応膜51及び無機反応膜52からなる2層構造とすることは必須でなく、3層以上の無機反応膜を含む積層体としても構わない。例えば、銅(Cu)からなる2つの無機反応膜と、これら2つの無機反応膜の間に配置されたシリコン(Si)からなる1つの無機反応膜とからなる3層構造としても構わない。また、無機反応膜51と無機反応膜52との間に、無機反応膜51を構成する材料と無機反応膜52を構成する材料とが混合されてなる混合膜が介在していても構わない。さらに、光記録媒体10においては、無機反応膜51と無機反応膜52とが互いに接しているが、必要に応じてこれらの間に薄い他の膜(例えば誘電体膜)を介在させても構わない。

【0111】

また、上述した光記録媒体 10 では、無機反応膜 51 の材料として銅 (Cu) 及びシリコン (Si) の一方を主成分とする材料を用い、無機反応膜 52 の材料として銅 (Cu) 及びシリコン (Si) の他方を主成分とする材料を用いているが、無機反応膜 51, 52 の主成分としてこれ以外の元素を用いても構わない。例えば、無機反応膜 51 が、銅 (Cu), シリコン (Si), アルミニウム (Al), ゲルマニウム (Ge), 炭素 (C), 錫 (Sn), 金 (Au), 亜鉛 (Zn), ホウ素 (B), マグネシウム (Mg), チタン (Ti), マンガン (Mn), 鉄 (Fe), ガリウム (Ga), ジルコニウム (Zr), 銀 (Ag), ビスマス (Bi) 及び白金 (Pt) からなる群より選ばれた一の材料を主成分とし、無機反応膜 52 が上記群より選ばれた他の材料を主成分とするものであっても構わない。

【0112】

さらに、上述した光記録媒体 10 においては、L0 層 20 及び L1 層 30 とも、無機反応膜 51、52 の積層体からなる記録膜を有しているが、最下層である L0 層 20 の構成については記録膜を備えない再生専用の情報記録層であっても構わない。この場合、支持基板 11 上に螺旋状のピット列が設けられ、かかるピット列によって L0 層 20 に情報が保持される。

【0113】

さらに、本発明の適用が可能な光記録媒体が 2 層の情報記録層を有する光記録媒体に限定されるものではなく、3 層以上の情報記録層を有する光記録媒体に対しても本発明を適用することも可能である。この場合、光入射面から最も遠い情報記録層 (L0 層) 以外の情報記録層 (L1 層, L2 層, L3 層, L4 層・・・) のうち少なくとも一つの情報記録層に対するデータの記録において、上述した第 1 のパルス列パターンを用いればよい。

【0114】

さらに、上述した光記録媒体 10 は、層厚の薄い光透過層 13 側からレーザービーム L が入射される、いわゆる次世代型の光記録媒体であるが、本発明の適用が可能な光記録媒体がこのような次世代型の光記録媒体に限定されるものではなく、DVD のように基板側からレーザービーム L が入射されるタイプの光記録媒体に

対しても適用可能である。DVD型の光記録媒体では、光記録媒体10の支持基板11に相当する要素は厚さ約0.6mmの光透過性基板となり、光記録媒体10の光透過層13に相当する要素は厚さ約0.6mmのダミー基板となる。したがって、本発明において「基板」とは、DVD型の光記録媒体のようにその表面が光入射面となる場合には光透過性基板であることを意味し、光記録媒体10のようにその表面が光入射面とならない場合には支持基板であることを意味する。同様に、本発明において「保護層」とは、光記録媒体10のようにその表面が光入射面となる場合には光透過層であることを意味し、DVD型の光記録媒体のようにその表面が光入射面とならない場合には支持基板であることを意味する。

【0115】

さらに、情報記録層を1層しか備えない光記録媒体であっても、複数の無機反応膜からなる記録膜を備え、且つ、要求される光反射率が低い等の理由により反射膜が設けられないか或いは反射膜の膜厚が非常に薄く設定されるタイプの光記録媒体であれば、この情報記録層へのデータの記録において上記第1のパルス列パターンを用いることにより、本発明による光記録方法を適用することが可能である。

【0116】

さらに、上記実施態様では、データの記録において波長が380nm～450nmであるレーザビームLを用いているが、本発明がこれに限定されるものではない。但し、放熱性が低い情報記録層に対して第2のパルス列パターンを用いた場合に起きる問題は、ビームスポットのエネルギー密度が高いほど顕著となることを考慮すれば、レーザビームLの波長が上記の範囲にあり、また、レーザビームLを集光する対物レンズ114の開口数(NA)が0.7以上、好ましくは、0.85程度に設定され、これにより $\lambda/NA \leq 640\text{ nm}$ の条件でデータの記録を行う場合において、より顕著な効果を得ることができる。

【0117】

さらに、上記実施態様では、最下層であるL0層20に対するデータの記録に際して第1のパルス列パターン又は第2のパルス列パターンを用いているが、本発明では最下層に位置する情報記録層への光記録方法としては特に限定されない

。したがって、最下層に位置する情報記録層に対しては、レーザビーム L を第 1 のパルス列パターン及び第 2 のパルス列パターン以外のパターンに強度変調することによって記録を行っても構わない。

【0118】

さらに、上記実施態様における第 1 のパルス列パターンでは、一つの記録マーク M を形成するために $n-1$ 個に分割された記録パルスが用いられているが、第 1 のパルス列パターンにおける記録パルスの分割方法としてはこれに限定されるものではない。例えば、1, 7 R L L 変調方式を用いる場合にあっては記録パルスを n 個に分割しても構わないし、8/16 変調方式を用いる場合にあっては記録パルスを $n-2$ 個に分割しても構わない。また、1, 7 R L L 変調方式を用いる場合、2 T, 4 T, 6 T, 8 T 信号を形成する場合には記録パルスを $n/2$ 個に分割し、3 T, 5 T, 7 T 信号を形成する場合には記録パルスを $(n-1)/2$ 個に分割しても構わない。

【0119】

さらに、上記実施態様における第 1 のパルス列パターンでは、レーザビーム L の設定強度を 3 値に変調しているが、目的に応じ、4 値以上に強度変調しても構わない。例えば、上記実施態様における第 1 のパルス列パターンでは、加熱期間においてレーザビーム L の強度を記録パワー P_{w1} と基底パワー P_{b1} に交互に設定しているが、十分な放熱効果が得られる限り、記録パワー P_{w1} に対して交互に設定されるパワーを基底パワー P_{b1} と中間パワー P_{m1} との間の第 4 のパワーに設定しても構わないし、冷却期間におけるレーザビーム L のパワーをかか第 4 のパワーに設定しても構わない。

【0120】

【実施例】

以下、実施例を用いて本発明について更に具体的に説明するが、本発明はこれらの実施例に何ら限定されるものではない。

【0121】

[サンプルの作製]

以下の方法により、図 1 に示す構造と同じ構造を有する測定用光記録媒体サン

プルを作製した。

【0122】

まず、射出成型法により、厚さ1.1mm、直径120mmであり、表面にグループ11a及びランド11b（トラックピッチ（グループのピッチ）=0.32 μ m）が形成されたポリカーボネートからなるディスク状の支持基板11を作製した。

【0123】

次に、この支持基板11をスパッタリング装置にセットし、グループ11a及びランド11bが形成されている側の表面に銀（Ag）、パラジウム（Pd）及び銅（Cu）の合金からなる厚さ100nmの反射膜21、ZnSとSiO₂の混合物（モル比=80:20）からなる厚さ27nmの第4誘電体膜22、銅（Cu）を主成分としこれにアルミニウム（Al）が23atm%添加され、金（Au）が13atm%添加された厚さ5nmの無機反応膜51、シリコン（Si）からなる厚さ5nmの無機反応膜52、ZnSとSiO₂の混合物（モル比=80:20）からなる厚さ25nmの第3誘電体膜24を順次スパッタ法により形成した。以上により、L0層20が完成した。

【0124】

次に、L0層20が形成された支持基板11をスピコート装置にセットし、回転させながら、L0層20上にアクリル系紫外線硬化性樹脂を滴下し、これをスピコートした。次いで、スピコートされた樹脂層の表面にグループ及びランドを有するスタンプを載置し、このスタンプを介して樹脂溶液に紫外線を照射することによって樹脂溶液層を硬化させ、スタンプを剥離した。これにより、グループ12a及びランド12b（トラックピッチ（グループのピッチ）=0.32 μ m）を有する厚さ20 μ mの透明中間層12が完成した。

【0125】

次に、L0層20及び透明中間層12が形成された支持基板11をスパッタリング装置にセットし、その表面にZnSとSiO₂の混合物（モル比=80:20）からなる厚さ25nmの第2誘電体膜31、銅（Cu）を主成分としこれにアルミニウム（Al）が23atm%添加され、金（Au）が13atm%添加

された厚さ 5 nm の無機反応膜 51、シリコン (Si) からなる厚さ 5 nm の無機反応膜 52、 TiO_2 からなる厚さ 30 nm の第 1 誘電体膜 33 を順次スパッタ法により形成した。以上により、L1 層 30 が完成した。

【0126】

そして、第 1 誘電体膜 33 上に、アクリル系紫外線硬化性樹脂をスピコート法によりコーティングし、これに紫外線を照射して厚さ 80 μm の光透過層 13 を形成した。

【0127】

以上により、測定用光記録媒体サンプルが完成した。

【0128】

[記録特性評価 1]

記録特性評価 1 では、第 1 のパルス列パターン又は第 2 のパルス列パターンを用いて、L0 層 20 及び L1 層 30 に対し種々の条件で実際にデータを記録し、得られる信号特性の比較を行った。

【0129】

[記録特性評価 1-1 (実施例 1)]

まず、測定用光記録媒体サンプルの L1 層 30 に対し、第 1 のパルス列パターンを用いて実際にデータの記録を行った。

【0130】

つまり、測定用光記録媒体サンプルを光ディスク評価装置 (商品名: DDU1000、パルステック社製) にセットし、5.3 m/sec の線速度で回転させながら、開口数が 0.85 である対物レンズを介して波長が 405 nm であるレーザービームを L1 記録膜 32 に照射し、第 1 のパルス列パターンを用いて L1 層 30 に 2T 単一信号及び 8T 単一信号を記録した。パルス幅としては、 t_{top} を 0.5 T に設定し、 t_{mp} 及び t_{lp} を 0.4 T に設定し、 t_{cl} を 1.2 T に設定した。また、レーザービーム L の強度については、記録パワー P_{w11} を種々に設定するとともに、中間パワー P_{m11} を 2.4 mW に固定し、基底パワー P_{b11} を 0.1 mW に固定した。

【0131】

そして、種々の記録パワー P_{w11} を用いて記録された 2 T 単一信号及び 8 T 単一信号を再生し、その C/N 比を測定した。再生パワー P_r は 0.7 mW に設定した。測定の結果を図 9 に示す。

【0132】

図 9 に示すように、2 T 信号の C/N 比が最大となる記録パワー P_{w11} 及び 8 T 信号の C/N 比が最大となる記録パワー P_{w11} の強度はいずれも 9 mW (d) であり、両者は一致した。また、 C/N 比の最大値も、2 T 信号については 45.7 dB、8 T 信号については 60.3 dB であり、十分に高い値であった。

【0133】

上記の結果を参照しながら、ジッタが最低となる記録パワー P_{w11} を探した結果、記録パワー P_{w11} を 8.6 mW に設定した場合にジッタが最も低くなり、その値は 5.3 % と非常に良好な結果が得られた。尚、ここでの「ジッタ」とはクロックジッタを指し、タイムインターバルアナライザにより再生信号の「ゆらぎ (σ)」を求め、 σ/T_w (T_w : クロックの 1 周期) により算出した。

【0134】

[記録特性評価 1-2 (比較例 1)]

次に、測定用光記録媒体サンプルの L1 層 30 に対し、第 2 のパルス列パターンを用いて実際にデータの記録を行った。

【0135】

まず、測定用光記録媒体サンプルを上記光ディスク評価装置にセットし、5.3 m/sec の線速度で回転させながら、開口数が 0.85 である対物レンズを介して波長が 405 nm であるレーザビームを L1 記録膜 32 に照射し、第 2 のパルス列パターンを用いて L1 層 30 に 2 T 単一信号及び 8 T 単一信号を記録した。パルス幅としては、 t_{top} を 0.5 T に設定し、 t_{mp} 及び t_{lp} を 0.4 T に設定した。また、レーザビーム L の強度については、記録パワー P_{w2} を種々に設定するとともに、基底パワー P_{b2} を 0.1 mW に固定した。

【0136】

そして、種々の記録パワー P_{w2} を用いて記録された 2 T 単一信号及び 8 T 単

一信号を再生し、そのC/N比を測定した。再生パワー P_r は0.7 mWに設定した。測定の結果を図10に示す。

【0137】

図10に示すように、2T信号のC/N比が最大となる記録パワー P_{w2} は12 mW (b)、8T信号のC/N比が最大となる記録パワー P_{w2} の強度は10 mW (a)であり、両者は一致しなかった。また、記録パワー P_{w2} の強度を10 mW (a)に設定した場合に得られる2T信号のC/N比及び8T信号のC/N比はそれぞれ44.7 dB (A2) 及び60.1 dB (A8) であり、記録パワー P_{w2} の強度を12 mW (b)に設定した場合に得られる2T信号のC/N比及び8T信号のC/N比はそれぞれ46.3 dB (B2) 及び49.6 dB (B8) であった。以上より、記録パワー P_{w2} の強度を10 mW (a)に設定した場合における2T信号の劣化量 ($B2 - A2$) は1.6 dBであるが、記録パワー P_{w2} の強度を12 mW (b)に設定した場合における8T信号の劣化量 ($A8 - B8$) は10.5 dBであり、非常に大きいことが分かった。

【0138】

さらに、上記の結果を参照しながらジッタが最低となる記録パワー P_{w2} を探した結果、記録パワー P_{w2} を10.2 mWに設定した場合にジッタが最も低くなったが、その値は13.5%であり、第1のパルス列パターンを用いた場合に比べて大幅に悪化した。これにより、2T信号の劣化量 ($B2 - A2$) が小さい場合であっても、8T信号の劣化量 ($A8 - B8$) が大きい場合には、良好な特性が得られないことが確認された。

【0139】

[記録特性評価1-3 (比較例2)]

次に、測定用光記録媒体サンプルのL1層30に対し、基底パワー P_{b2} を1.2 mWに固定した他は、「記録特性評価1-2」と同様の条件にて2T単一信号及び8T単一信号を記録/再生し、これらのC/N比を測定した。測定の結果を図11に示す。

【0140】

図11に示すように、2T信号のC/N比が最大となる記録パワー P_{w2} は1

1 mW (b)、8 T 信号の C/N 比が最大となる記録パワー P_{w2} の強度は 9 mW (a) であり、両者は一致しなかった。また、記録パワー P_{w2} の強度を 9 mW (a) に設定した場合に得られる 2 T 信号の C/N 比及び 8 T 信号の C/N 比はそれぞれ 45.0 dB (A2) 及び 60.0 dB (A8) であり、記録パワー P_{w2} の強度を 11 mW (b) に設定した場合に得られる 2 T 信号の C/N 比及び 8 T 信号の C/N 比はそれぞれ 45.8 dB (B2) 及び 49.4 dB (B8) であつた。以上より、記録パワー P_{w2} の強度を 9 mW (a) に設定した場合における 2 T 信号の劣化量 ($B2 - A2$) は 0.8 dB であるが、記録パワー P_{w2} の強度を 11 mW (b) に設定した場合における 8 T 信号の劣化量 ($A8 - B8$) は 10.6 dB であり、非常に大きいことが分かった。

【0141】

さらに、上記の結果を参照しながらジッタが最低となる記録パワー P_{w2} を探した結果、記録パワー P_{w2} を 9.4 mW に設定した場合にジッタが最も低くなつたが、その値は 14.3 % であり、第 1 のパルス列パターンを用いた場合に比べて大幅に悪化した。これにより、2 T 信号の劣化量 ($B2 - A2$) が小さい場合であっても、8 T 信号の劣化量 ($A8 - B8$) が大きい場合には、良好な特性が得られないことが再度確認された。

【0142】

[記録特性評価 1-4 (比較例 3)]

次に、測定用光記録媒体サンプルの L1 層 30 に対し、基底パワー P_{b2} を 2.4 mW に固定した他は、「記録特性評価 1-2」と同様の条件にて 2 T 単一信号及び 8 T 単一信号を記録/再生し、これらの C/N 比を測定した。測定の結果を図 12 に示す。

【0143】

図 12 に示すように、2 T 信号の C/N 比が最大となる記録パワー P_{w2} 及び 8 T 信号の C/N 比が最大となる記録パワー P_{w2} の強度はいずれも 8 mW (c) であり、両者は一致した。しかしながら、C/N 比の最大値は、2 T 信号については 43.9 dB、8 T 信号については 59.6 dB であり、第 1 のパルス列パターンを用いた場合 (実施例 1) に比べて低い値となった。

【0144】

さらに、上記の結果を参照しながらジッタが最低となる記録パワー P_{w2} を探した結果、記録パワー P_{w2} を 7.0 mW に設定した場合にジッタが最も低くなったが、その値は 15.0 % であり、第 1 のパルス列パターンを用いた場合に比べて大幅に悪化した。

【0145】

[記録特性評価 1-5 (実施例 2)]

次に、測定用光記録媒体サンプルの L0 層 20 に対し、第 1 のパルス列パターンを用いて実際にデータの記録を行った。

【0146】

まず、測定用光記録媒体サンプルを上記光ディスク評価装置にセットし、5.3 m/sec の線速度で回転させながら、開口数が 0.85 である対物レンズを介して波長が 405 nm であるレーザビームを L0 記録膜 23 に照射し、第 1 のパルス列パターンを用いて L0 層 20 に 2 T 単一信号及び 8 T 単一信号を記録した。パルス幅としては、 t_{top} を 0.7 T に設定し、 t_{mp} 及び t_{lp} を 0.5 T に設定し、 t_{cl} を 1.0 T に設定した。また、レーザビーム L の強度については、記録パワー P_{w10} を種々に設定するとともに、中間パワー P_{m10} を 2.0 mW に固定し、基底パワー P_{b10} を 0.1 mW に固定した。

【0147】

そして、種々の記録パワー P_{w10} を用いて記録された 2 T 単一信号及び 8 T 単一信号を再生し、その C/N 比を測定した。再生パワー P_r は 0.7 mW に設定した。測定の結果を図 13 に示す。

【0148】

図 13 に示すように、2 T 信号の C/N 比が最大となる記録パワー P_{w10} は 9 mW (b)、8 T 信号の C/N 比が最大となる記録パワー P_{w10} の強度は 11 mW (a) であり、両者は一致しなかった。また、記録パワー P_{w10} の強度を 11 mW (a) に設定した場合に得られる 2 T 信号の C/N 比及び 8 T 信号の C/N 比はそれぞれ 29.4 dB (A2) 及び 60.1 dB (A8) であり、記録パワー P_{w10} の強度を 9 mW (b) に設定した場合に得られる 2 T 信号の C

／N比及び8 T信号のC／N比はそれぞれ46.3 dB (B2) 及び58.9 dB (B8) であった。以上より、記録パワー P_{w10} の強度を11 mW (a) に設定した場合における2 T信号の劣化量 (B2 - A2) は16.9 dBと大きかったが、記録パワー P_{w10} の強度を9 mW (b) に設定した場合における8 T信号の劣化量 (A8 - B8) は1.2 dBであり、非常に小さかった。

【0149】

さらに、上記の結果を参照しながらジッタが最低となる記録パワー P_{w10} を探した結果、記録パワー P_{w10} を8.2 mWに設定した場合にジッタが最も低くなり、その値は5.4%と非常に良好な結果が得られた。これにより、2 T信号の劣化量 (B2 - A2) が大きい場合であっても、8 T信号の劣化量 (A8 - B8) が小さい場合には、良好な特性を得ることが可能であることが確認された。

【0150】

[記録特性評価1-6 (実施例3)]

次に、測定用光記録媒体サンプルのL0層20に対し、第2のパルス列パターンを用いて実際にデータの記録を行った。

【0151】

まず、測定用光記録媒体サンプルを上記光ディスク評価装置にセットし、5.3 m/secの線速度で回転させながら、開口数が0.85である対物レンズを介して波長が405 nmであるレーザビームをL0記録膜23に照射し、第2のパルス列パターンを用いてL0層20に2 T単一信号及び8 T単一信号を記録した。パルス幅としては、 t_{top} を0.7 Tに設定し、 t_{mp} 及び t_{lp} を0.5 Tに設定した。また、レーザビームLの強度については、記録パワー P_{w2} を種々に設定するとともに、基底パワー P_{b2} を0.1 mWに固定した。

【0152】

そして、種々の記録パワー P_{w2} を用いて記録された2 T単一信号及び8 T単一信号を再生し、そのC／N比を測定した。再生パワー P_r は0.7 mWに設定した。測定の結果を図14に示す。

【0153】

図14に示すように、2T信号のC/N比が最大となる記録パワー P_{w2} は9 mW (b)、8T信号のC/N比が最大となる記録パワー P_{w2} の強度は11 mW (a)であり、両者は一致しなかった。また、記録パワー P_{w2} の強度を11 mW (a)に設定した場合に得られる2T信号のC/N比及び8T信号のC/N比はそれぞれ42.7 dB (A2)及び60.2 dB (A8)であり、記録パワー P_{w2} の強度を9 mW (b)に設定した場合に得られる2T信号のC/N比及び8T信号のC/N比はそれぞれ46.5 dB (B2)及び59.1 dB (B8)であった。以上より、記録パワー P_{w2} の強度を11 mW (a)に設定した場合における2T信号の劣化量(B2-A2)は3.8 dB、記録パワー P_{w2} の強度を9 mW (b)に設定した場合における8T信号の劣化量(A8-B8)は1.1 dBであり、いずれも非常に小さかった。

【0154】

さらに、上記の結果を参照しながらジッタが最低となる記録パワー P_{w2} を探した結果、記録パワー P_{w2} を8.6 mWに設定した場合にジッタが最も低くなり、その値は4.9%と非常に良好な結果が得られた。

【0155】

[記録特性評価1-7 (実施例4)]

次に、測定用光記録媒体サンプルのL0層20に対し、基底パワー P_{b2} を2.0 mWに固定した他は、「記録特性評価1-6」と同様の条件にて2T単一信号及び8T単一信号を記録/再生し、これらのC/N比を測定した。測定の結果を図15に示す。

【0156】

図15に示すように、2T信号のC/N比が最大となる記録パワー P_{w2} は9 mW (b)、8T信号のC/N比が最大となる記録パワー P_{w2} の強度は11 mW (a)であり、両者は一致しなかった。また、記録パワー P_{w2} の強度を11 mW (a)に設定した場合に得られる2T信号のC/N比及び8T信号のC/N比はそれぞれ27.6 dB (A2)及び59.9 dB (A8)であり、記録パワー P_{w2} の強度を9 mW (b)に設定した場合に得られる2T信号のC/N比及び8T信号のC/N比はそれぞれ45.4 dB (B2)及び58.0 dB (B8)

）であった。以上より、記録パワー P_{w2} の強度を 11 mW (a) に設定した場合における 2 T 信号の劣化量 ($B_2 - A_2$) は 17.8 dB と大きかったが、記録パワー P_{w2} の強度を 9 mW (b) に設定した場合における 8 T 信号の劣化量 ($A_8 - B_8$) は 1.9 dB であり、非常に小さかった。

【0157】

さらに、上記の結果を参照しながらジッタが最低となる記録パワー P_{w2} を探した結果、記録パワー P_{w2} を 8.2 mW に設定した場合にジッタが最も低くなり、その値は 4.8 % と非常に良好な結果が得られた。これにより、2 T 信号の劣化量 ($B_2 - A_2$) が大きい場合であっても、8 T 信号の劣化量 ($A_8 - B_8$) が小さい場合には、良好な特性を得ることが可能であることが再度確認された。

【0158】

[記録特性評価 2 (実施例 5)]

記録特性評価 2 では、L1 層 30 に対し第 1 のパルス列パターンを用いて異なる線速度で実際にデータを記録し、得られる信号特性の比較を行った。

【0159】

まず、測定用光記録媒体サンプルを上記光ディスク評価装置にセットし、5.3 m/sec 又は 10.5 m/sec の線速度で回転させながら、開口数が 0.85 である対物レンズを介して波長が 405 nm であるレーザビームを L0 記録膜 32 に照射し、第 1 のパルス列パターンを用いて L1 層 30 に 2 T ~ 8 T からなる混合信号を記録した。パルス幅としては、 t_{top} を 1.1 T に設定し、 t_{mp} 及び t_{lp} を 0.6 T に設定し、 t_{cl} を種々の長さに設定した。また、レーザビーム L の強度については、 t_{cl} の設定値ごとに最も良好なジッタが得られる記録パワー P_{w11} に設定するとともに、中間パワー P_{m11} を 2.0 mW に固定し、基底パワー P_{b11} を 0.1 mW に固定した。

【0160】

そして、これら異なる条件で記録された混合信号を再生し、そのジッタを測定した。再生パワー P_r は 0.7 mW である。測定の結果を図 16 に示す。

【0161】

図16に示すように、記録線速度が 10.5 m/sec である場合には、記録線速度が 5.3 m/sec である場合に比べ t_{c1} を長く設定した方が良好なジッタが得られた。以上より、L1層30に対する記録においては、記録線速度が高い場合には、 t_{c1} をより長く設定した方が良好な記録特性が得られることが確認された。

【0162】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明においては、複数の無機反応膜からなる記録膜を有し、対応する反射膜が設けられないか或いは反射膜の膜厚が非常に薄く設定されるために放熱性が低い情報記録層に対する光記録において、レーザビームを少なくとも記録パワー、中間パワー及び基底パワーを含む3値以上に強度変調して上記情報記録層に対する光記録を行っていることから、良好な記録特性を得ることが可能となる。

【0163】

特に、冷却期間 t_{c1} を記録線速度に基づいて設定すれば、このような情報記録層に対し高い線速度で光記録を行う場合であっても、良好な信号特性を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

(a)は本発明による光記録方法の適用が好適な光記録媒体10の外観を示す切り欠き斜視図であり、(b)は(a)に示すA部を拡大した部分断面図である。

【図2】

L0記録膜23及びL1記録膜32を拡大して示す部分断面図であり、(a)は未記録状態、(b)は記録マークMが形成された状態を示している。

【図3】

第1のパルス列パターンを示す図であり、(a)は2T信号を形成する場合のパルス列パターンを示し、(b)は3T信号を形成する場合のパルス列パターンを示し、(c)は4T信号を形成する場合のパルス列パターンを示し、(d)は

5 T 信号～8 T 信号を形成する場合のパルス列パターンを示している。

【図 4】

第 2 のパルス列パターンを示す図であり、(a) は 2 T 信号を形成する場合のパルス列パターンを示し、(b) は 3 T 信号を形成する場合のパルス列パターンを示し、(c) は 4 T 信号を形成する場合のパルス列パターンを示し、(d) は 5 T 信号～8 T 信号を形成する場合のパルス列パターンを示している。

【図 5】

L 1 層 3 0 に対するデータの記録において第 2 のパルス列パターンを用いた場合の信号特性を示す模式的なグラフであり、基底パワー P_{b2} を極めて低いレベルに設定した場合における記録パワー P_{w2} の強度と 2 T 信号及び 8 T 信号の C/N 比との関係を示している。

【図 6】

L 1 層 3 0 に対するデータの記録において第 2 のパルス列パターンを用いた場合の信号特性を示す模式的なグラフであり、基底パワー P_{b2} のレベルとして照射により L 1 記録膜 3 2 に対して実質的に熱的な影響を与えるレベルに設定した場合における記録パワー P_{w2} の強度と 2 T 信号及び 8 T 信号の C/N 比との関係を示している。

【図 7】

L 1 層 3 0 に対するデータの記録において第 1 のパルス列パターンを用いた場合における記録パワー P_{w11} の強度と 2 T 信号及び 8 T 信号の C/N 比との関係を示している。

【図 8】

光記録媒体 1 0 に対してデータの記録を行うことが可能な情報記録装置 1 0 0 の概略構成図である。

【図 9】

記録特性評価 1-1 (実施例 1) の結果を示すグラフである。

【図 10】

記録特性評価 1-2 (比較例 1) の結果を示すグラフである。

【図 11】

記録特性評価 1-3 (比較例 2) の結果を示すグラフである。

【図 12】

記録特性評価 1-4 (比較例 3) の結果を示すグラフである。

【図 13】

記録特性評価 1-5 (実施例 2) の結果を示すグラフである。

【図 14】

記録特性評価 1-6 (実施例 3) の結果を示すグラフである。

【図 15】

記録特性評価 1-7 (実施例 4) の結果を示すグラフである。

【図 16】

記録特性評価 2 (実施例 5) の結果を示すグラフである。

【符号の説明】

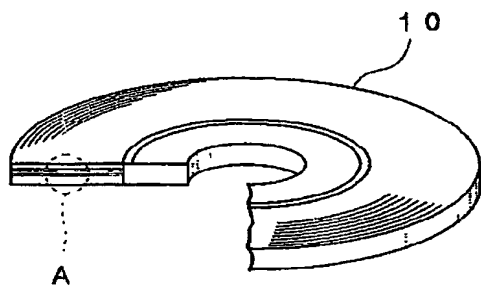
- 10 光記録媒体
- 11 支持基板
- 11a, 12a グループ
- 11b, 12b ランド
- 12 透明中間層
- 13 光透過層
- 13a 光入射面
- 20 L0層
- 21 反射膜
- 22 第4誘電体膜
- 23 L0記録膜
- 24 第3誘電体膜
- 30 L1層
- 31 第2誘電体膜
- 32 L1記録膜
- 33 第1誘電体膜
- 51, 52 無機反応膜

- 1 0 0 情報記録装置
- 1 0 1 スピンドルモータ
- 1 0 2 トラバースモータ
- 1 0 3 レーザ駆動回路
- 1 0 4 レンズ駆動回路
- 1 0 5 コントローラ
- 1 0 5 a フォーカス制御回路
- 1 0 5 b トラッキング制御回路
- 1 1 0 光ヘッド
- 1 1 1 レーザ光源
- 1 1 2 コリメータレンズ
- 1 1 3 ビームスプリッタ
- 1 1 4 対物レンズ
- 1 1 5 アクチュエータ
- 1 1 6 フォトディテクタ
- L レーザビーム
- L' 反射光

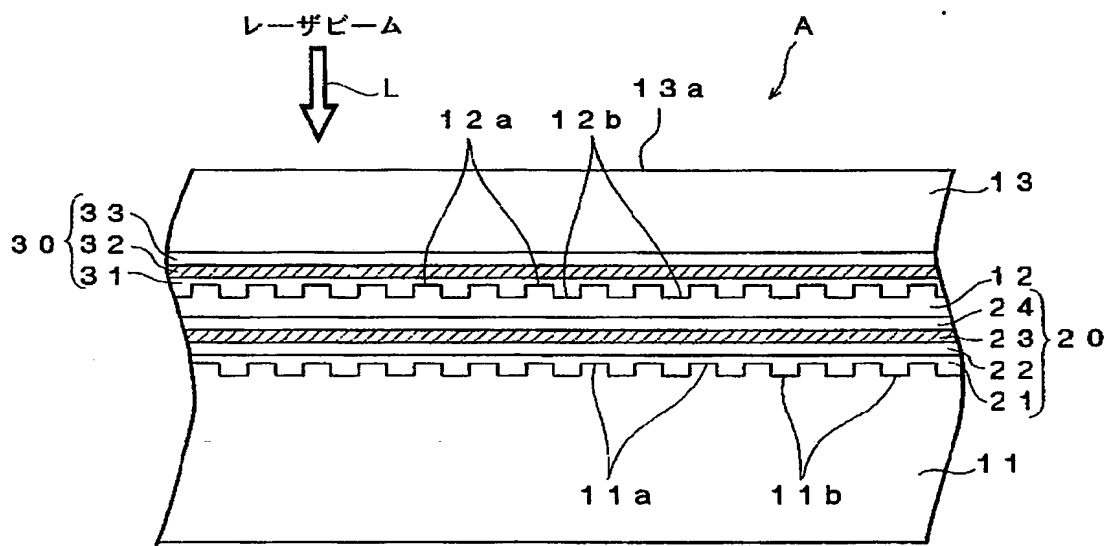
【書類名】

図面

【図 1】

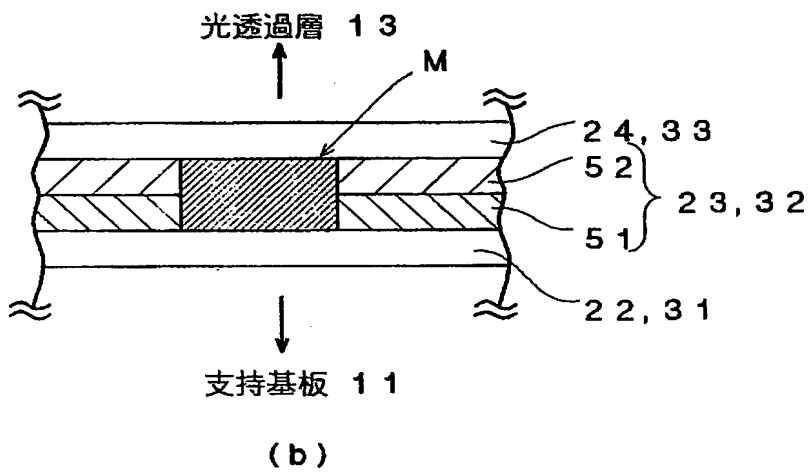
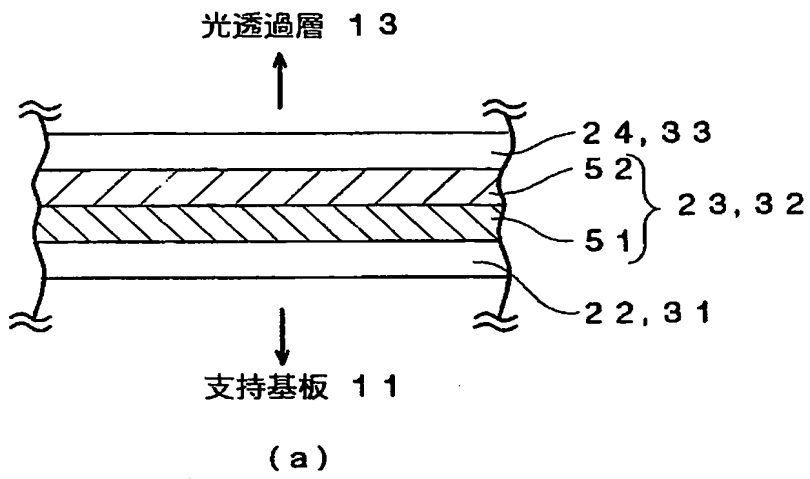


(a)

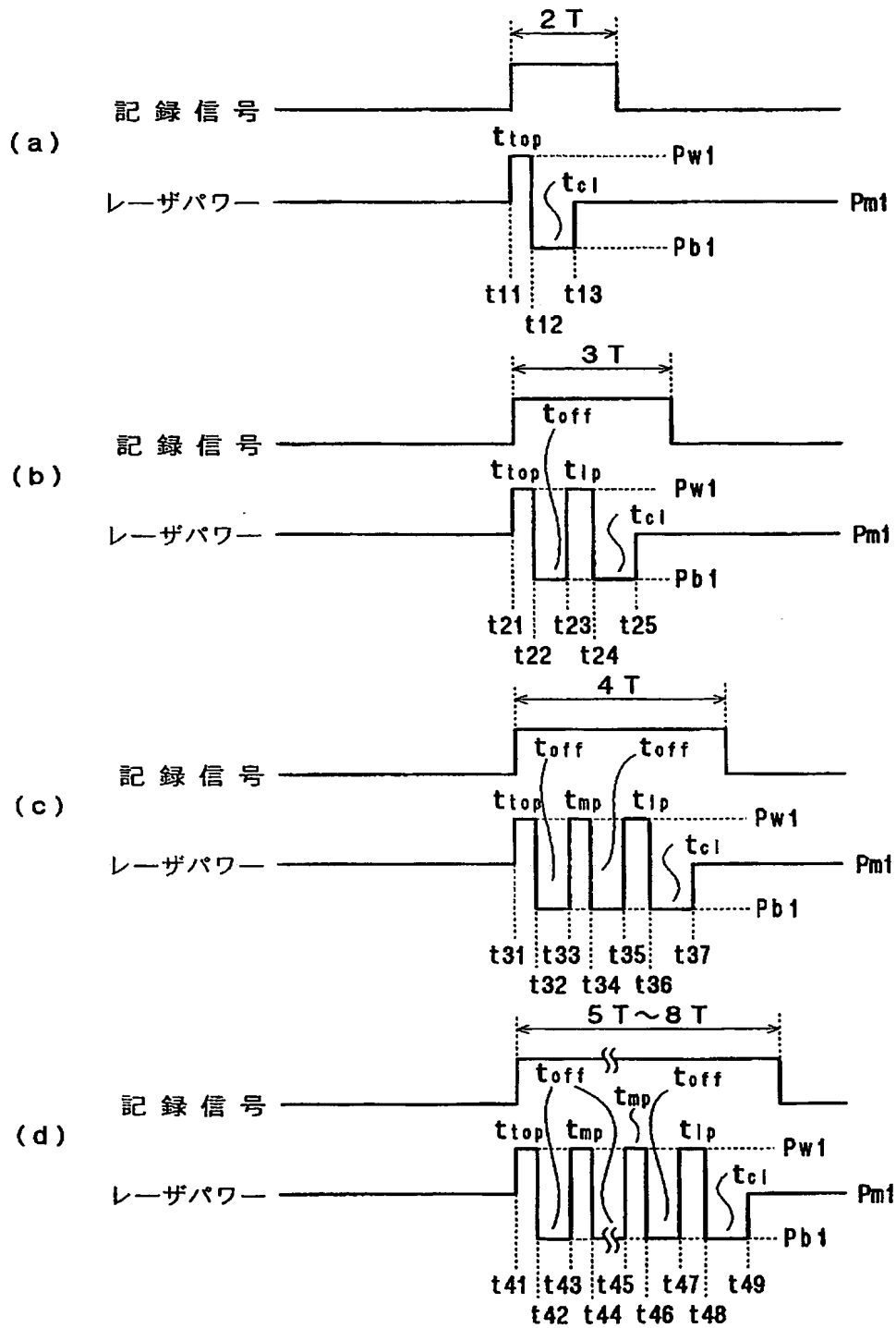


(b)

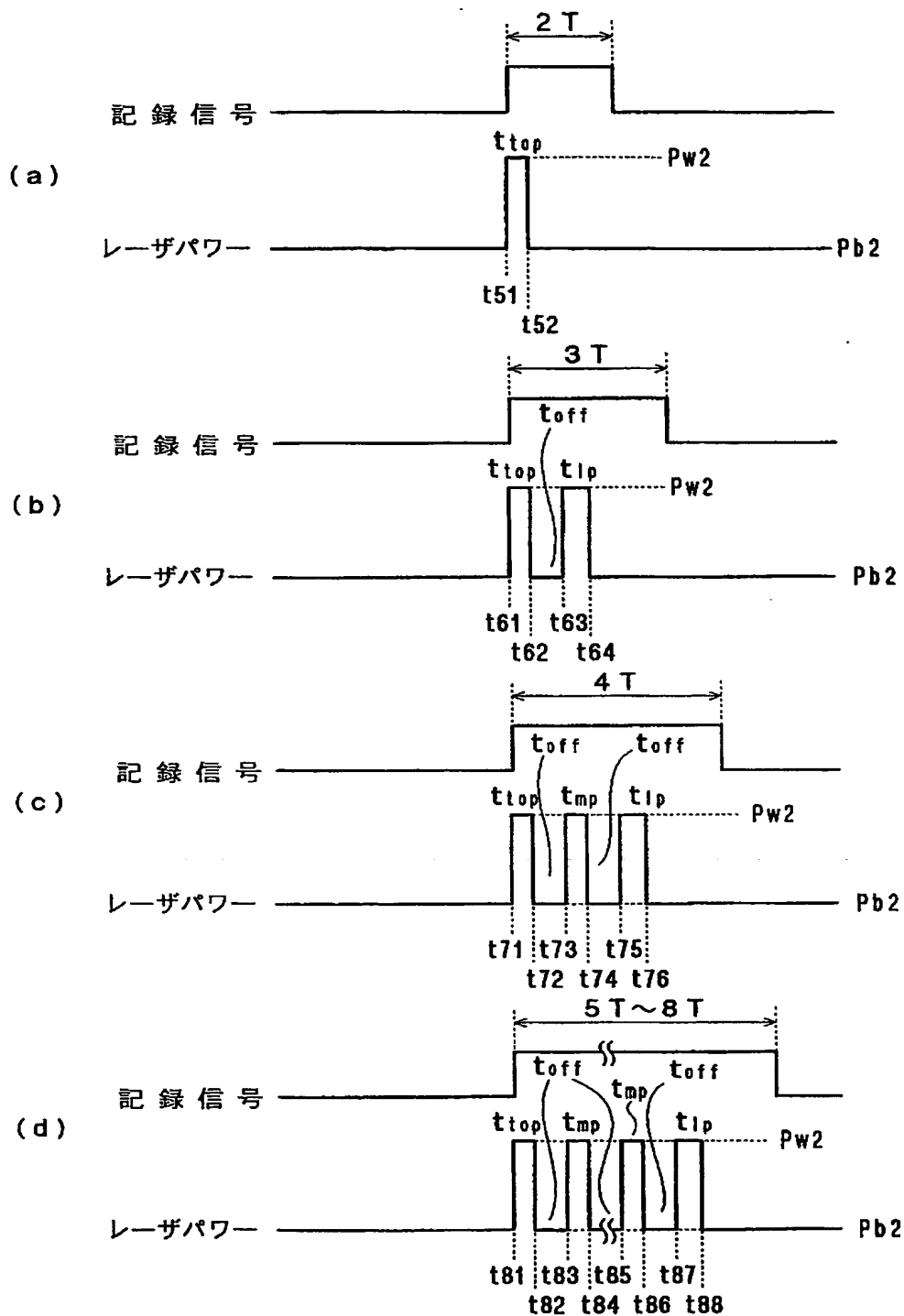
【図 2】



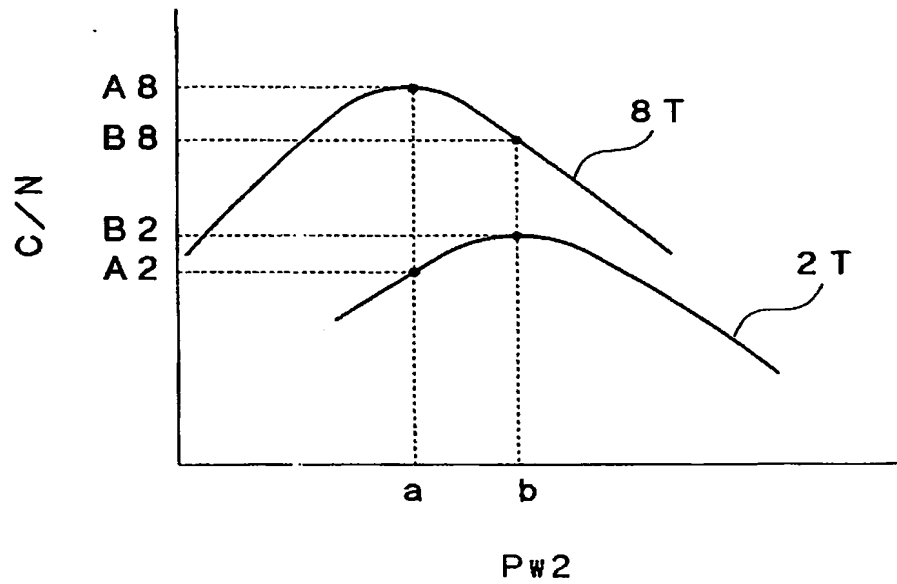
【図 3】



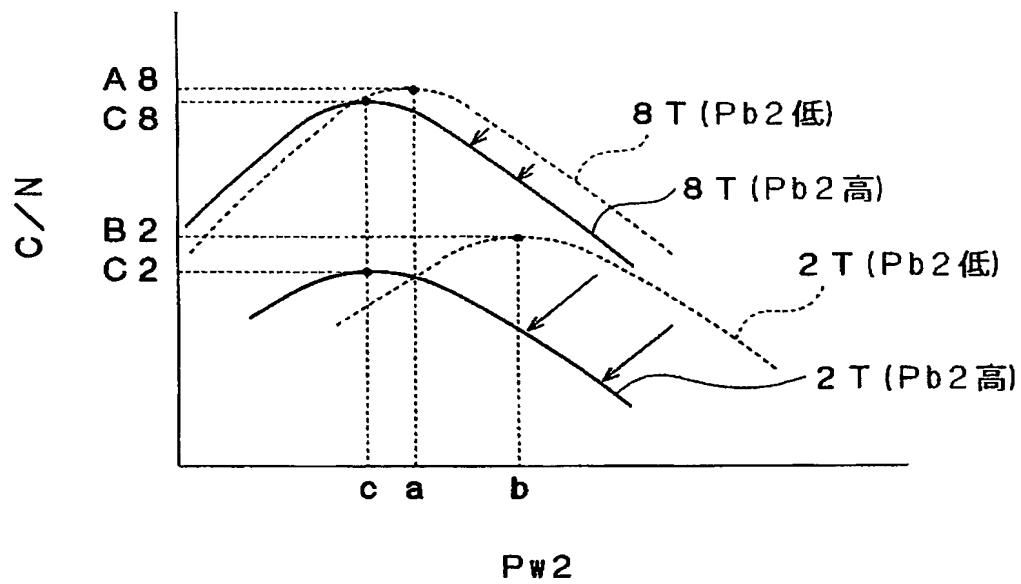
【図 4】



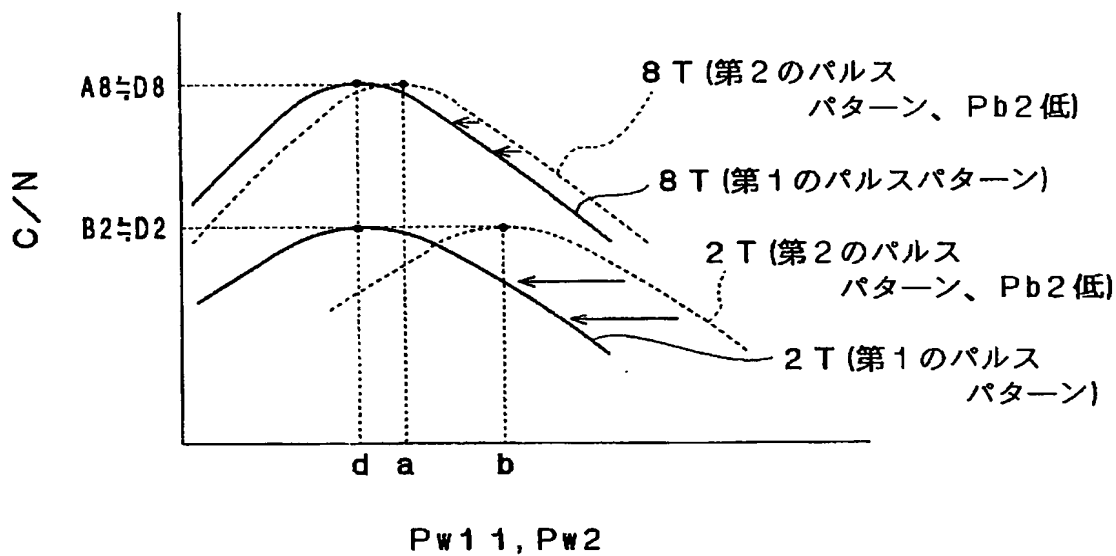
【図 5】



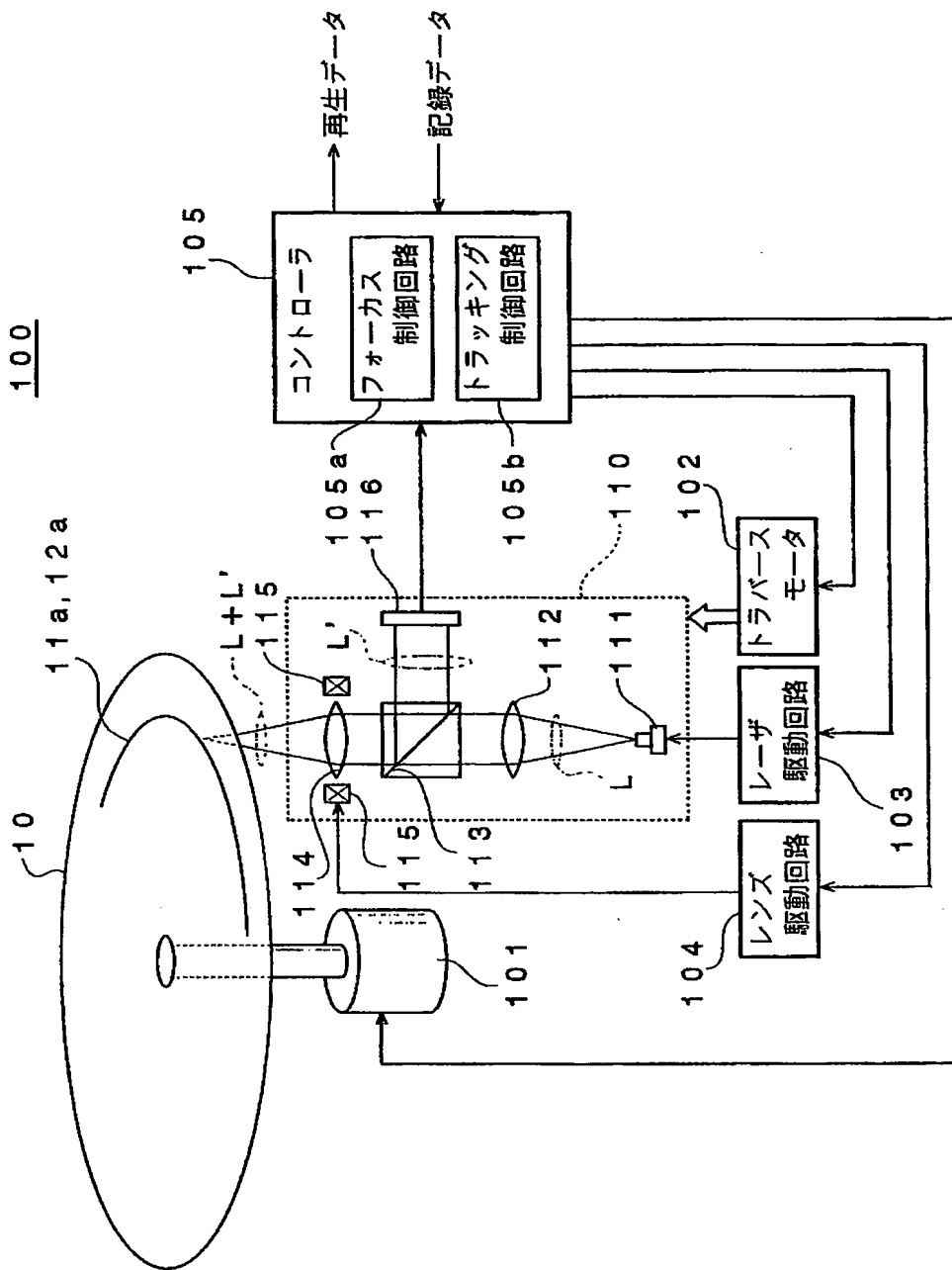
【図 6】



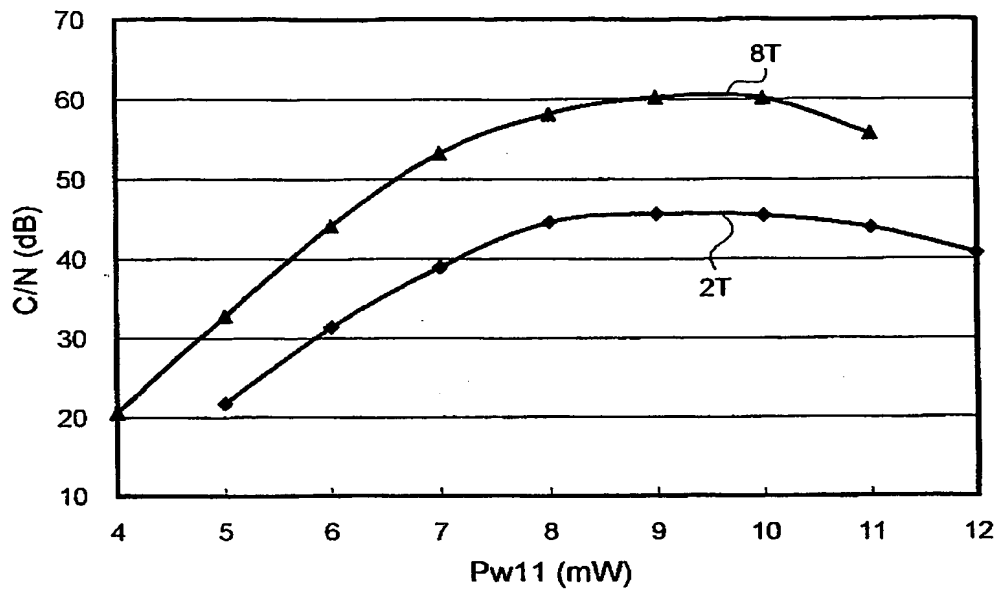
【図 7】



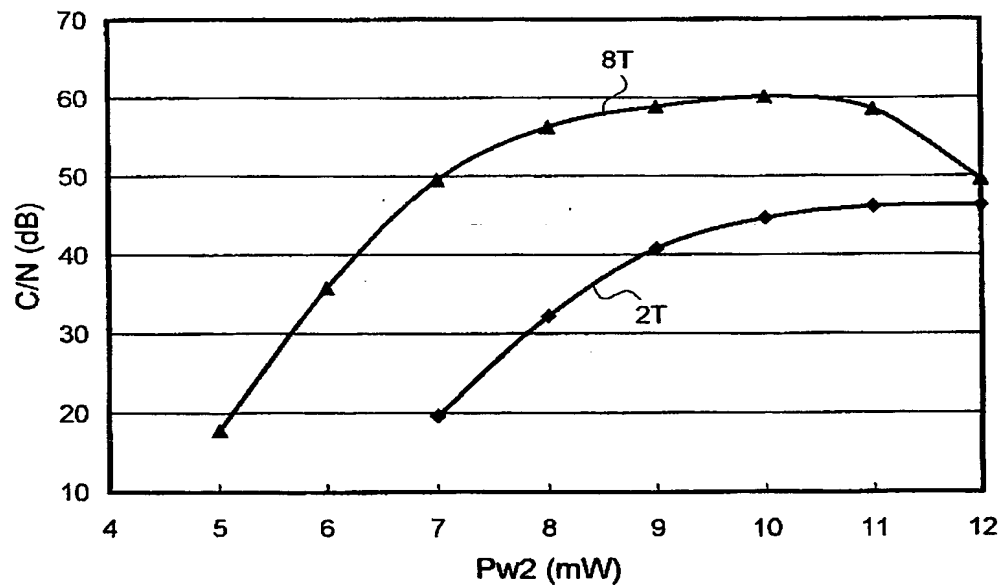
【図 8】



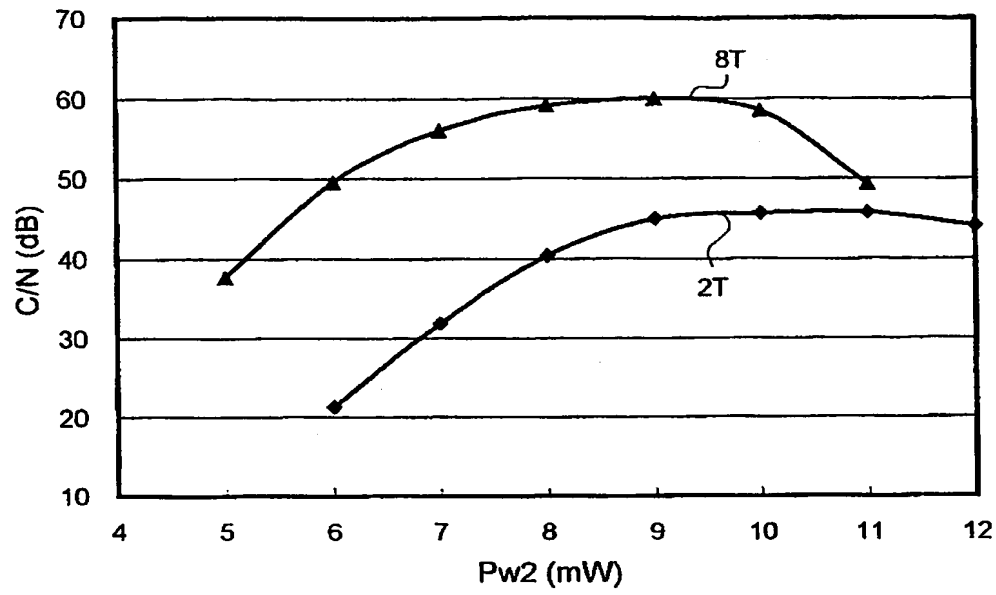
【図 9】



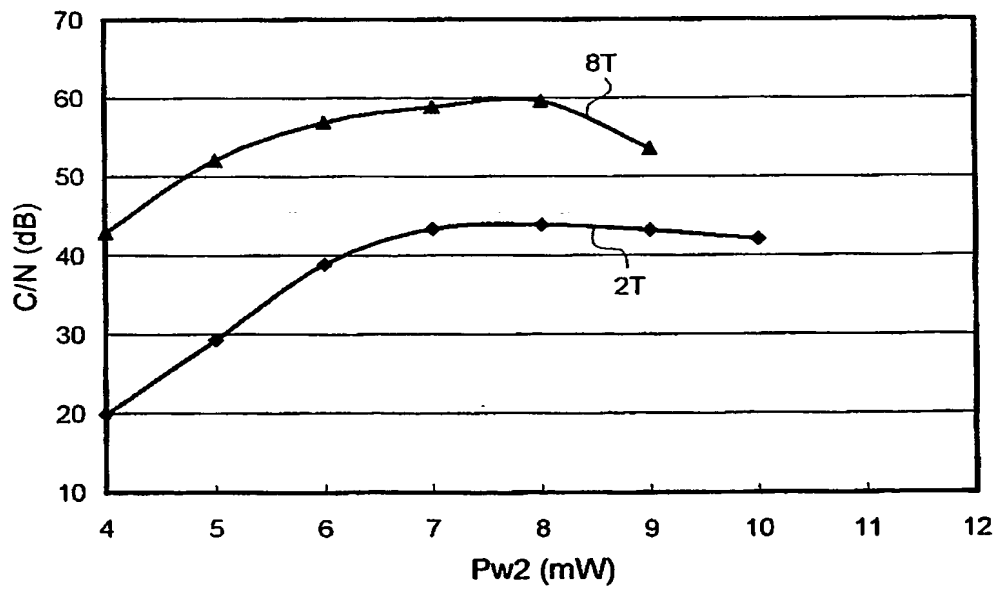
【図 10】



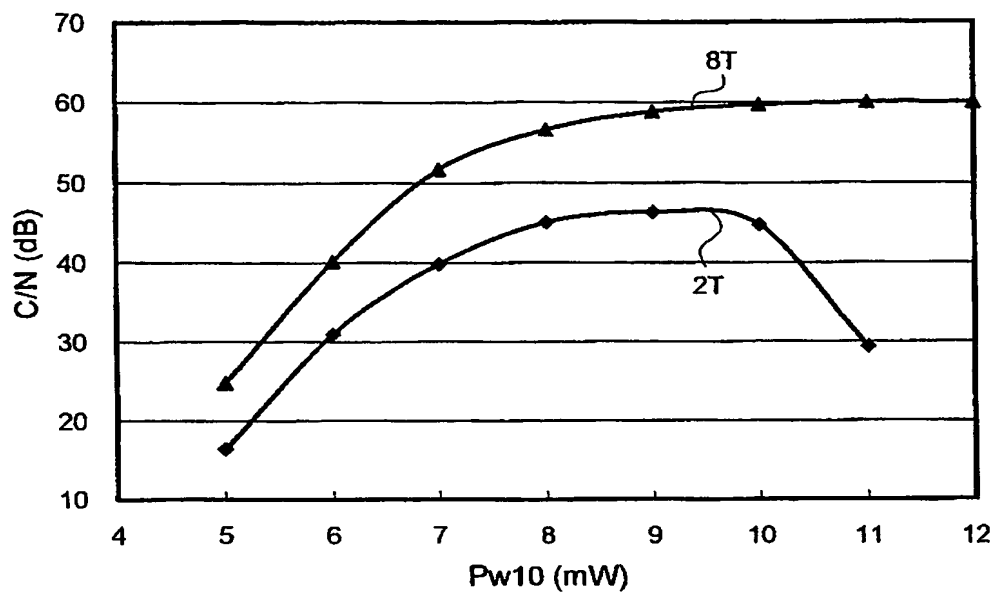
【図 11】



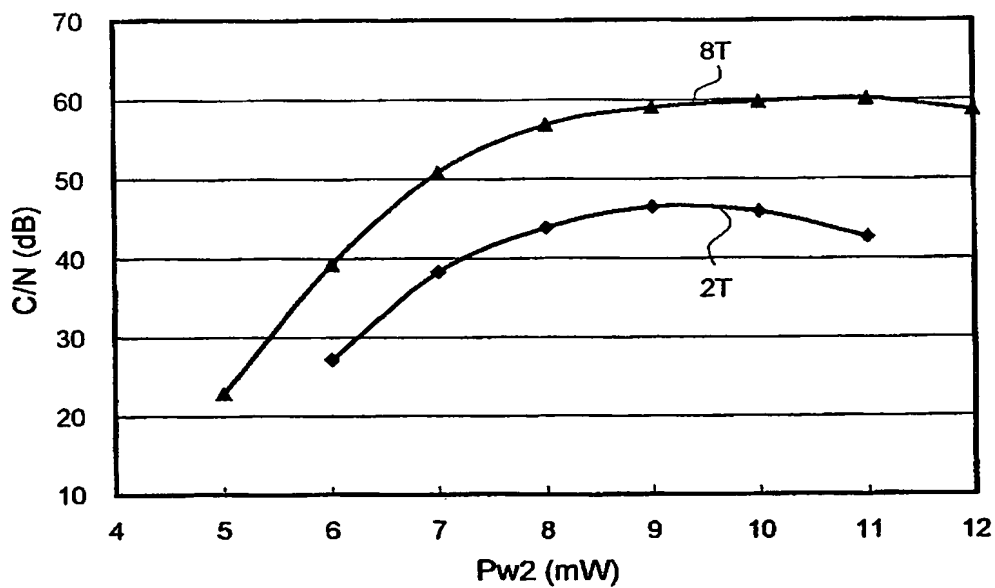
【図 12】



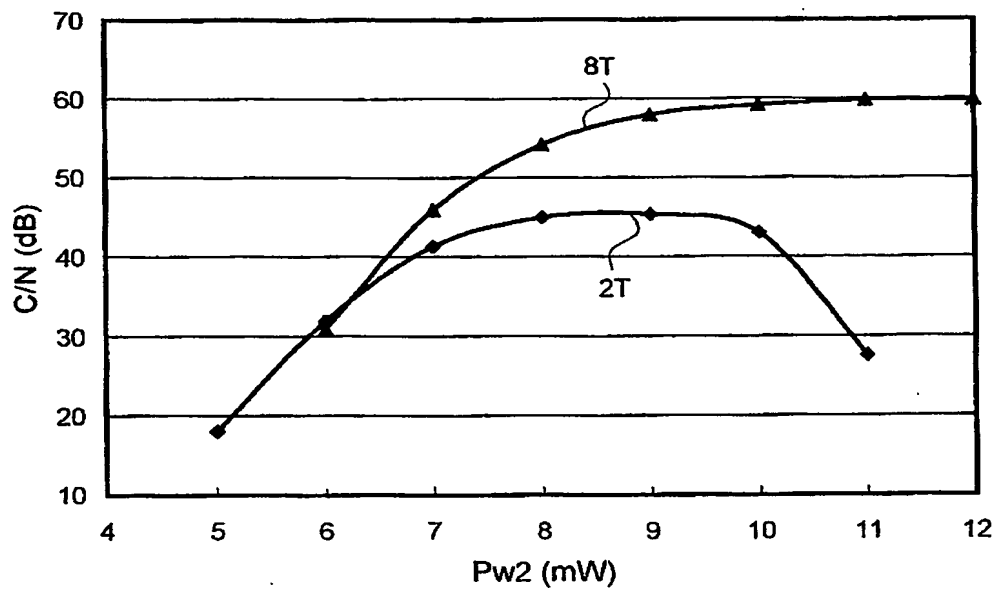
【図 13】



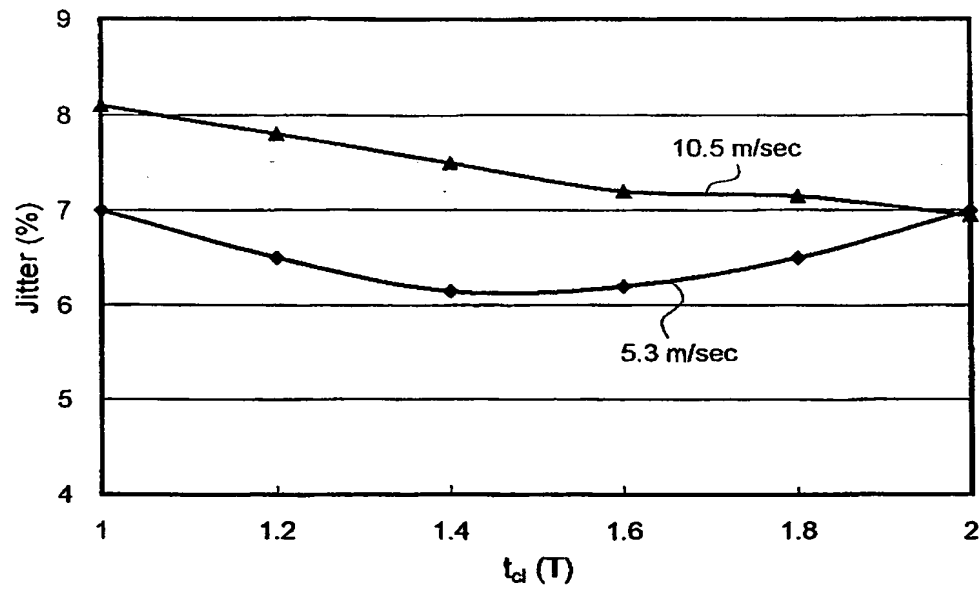
【図 14】



【図 15】



【図 16】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 積層された複数の情報記録層を有する光記録媒体に対し、良好な信号特性が得られる条件にて光記録を行う。

【解決手段】 支持基板 11 と、光透過層 13 と、光透過層 13 と支持基板 11 との間に設けられた L0 記録層 20 及び L1 記録層 30 とを備え、L1 層 30 に含まれる記録膜 32 が複数の無機反応膜 51, 52 からなる光記録媒体 10 の前記 L1 層 30 にデータを記録するに際し、光入射面 13a から、記録パワー P_w 1、中間パワー P_m 1 及び基底パワー P_b 1 を含む 3 値以上に強度変調されたレーザビームを照射する。これにより、2 値に強度変調されたレーザビームを用いて記録する場合に比べより正確な温度制御が可能となるので、放熱性が低い L1 記録層 30 に対し、良好な記録特性を得ることが可能となる。

【選択図】 図 1

特願 2002-334587

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000003067]

1. 変更年月日

1990年 8月30日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

氏 名

ティーディーケイ株式会社

2. 変更年月日

2003年 6月27日

[変更理由]

名称変更

住 所

東京都中央区日本橋1丁目13番1号

氏 名

TDK株式会社

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.